

„Eine seltsamere Ware als Bücher gibt es wohl schwerlich in der Welt.“

Von Leuten gedruckt, die sie nicht verstehen; von Leuten verkauft, die sie nicht verstehen; gebunden, rezensiert und gelesen von Leuten, die sie nicht verstehen, und nun gar geschrieben von Leuten, die sie nicht verstehen“, zitierte Professor Dr. Lex als Vorsitzender der Bibliothekskommission den großen Göttinger Spötter Georg Lichtenberg (1742 - '99), als Dr. Schüling in Nachfolge Dr. Cynthas in das Amt des Direktors der Universitätsbibliothek eingeführt wurde und wünschte ihm im Umgang mit dieser Ware alles Gute.

Ob die Wissenschaftler, im hintergründigen Sinne Lichtenbergs, wissen, was sie herausgefunden haben - wozu es führen wird? Den referierten Forschungsergebnissen wünschen wir ein fruchtbares Eigenleben; ganz so, wie es den Büchern beschieden sein mag. In diesem Sinne, liebe Leserin, lieber Leser, greife zu!

Wenn Sie und ich einmal „morsch“ sind, wird es bessere Hilfe für verschlissene Gelenke geben. Dipl. Phys. Gernot Strehl entwickelt gemeinsam mit Wissenschaftlern aus Spanien und Italien einen neuen Hüftgelenkshopf; innen Metall, außen Keramik, doppelt so lange haltbar wie heutige Implantate. Schonen Sie trotzdem ihre Knochen, noch sind einige Hürden zu nehmen. Wer weiß, ob's gelingt. (S. 13)

Hohe Ehre wurde Professor Dr. Robert Schwarzer zuteil. Die polnische Wissenschaftsgesellschaft zeichnete ihn mit dem Alexander-von-Humboldt-Forschungspreis aus. Professor Schwarzer hat ganz massgeblich zu dem enormen Fortschritt beigetragen, den die Materialwissenschaften auf dem Gebiet der lokalen Texturanalyse erzielen konnte. In den kommenden drei Jahren wird Professor Schwarzer, insgesamt für ein halbes Jahr, in Krakau an der polnischen Akademie der Wissenschaften forschen. Neben der wissenschaftlichen Anerkennung ist die Verleihung eines polnischen Wissenschaftspreises, benannt nach einem großen deutschen Naturforscher, natürlich auch ein politisches Symbol; vorsichtig treten wir aus dem Schatten des 20. Jahrhunderts. (S. 56-57)

Ihren Dank drückte die Universität Professor Dr. em. Dr. h.c. Georg Müller mit der Verleihung der Ehrensatorwürde aus. Professor Müller diente der Universität 12 Jahre als Prorektor und Rektor, zeichnete in vielen Veröffentlichungen ein genaues Portrait der Bergakademie über deren Lebensspanne hinweg, mit seinem Buch „Vom Stahlhelm zum Hakenkreuz“ gerade auch deren düsterer Epoche. Zuletzt half er ehrenamtlich der Universität als kommissarischer Leiter des Studentenwerks. (S. 5)

Die Japanische Forschungsgemeinschaft lud zu ihrer



In der Luft befindliche biologische Partikel wie Bakterien, Pollen oder Sporen - im Bild gezeigt sind Bärlappsporen - lassen sich durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht zur Fluoreszenz anregen. Im Institut für Mechanische Verfahrenstechnik wird untersucht, welche biologischen Aerosole sich anhand ihrer Fluoreszenzspektren eindeutig identifizieren lassen. Foto: Dr.-Ing. Walter Klemm, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik.

Konferenz im Januar 2002 über neue piezoelektrische Materialien als Ehrengäste vier Amerikaner und einen Europäer ein. Der Europäer ist Dr. techn. Leo Reindl vom Institut für Elektrische Informationstechnik. Dr. Reindl entwickelte Piezokristalle, die per Funk ausgelesen werden können – als Druck-, Kraft- und Temperatursensor. (S. 18)

Und noch einmal Schwingquarze, auch hier als Messprinzip: Zum Sommersemester begann Professor Dr. Diethelm Johannsmann am Institut für Physikalische Chemie. Aus der Frequenzänderung von Schwingquarzen, welche mit einer Molekülschicht dicken Polymer-Filmen beladen werden, kann deren Viskosität erschlossen werden. (S. 59)

Privatdozent Dr. Michael Breitner, seit Sommersemester Professor Breitner an der Universität Hannover, berichtet in diesem Heft im Überblick, womit er sich den letzten zehn Jahren befasste: Die Prognose von Optionspreisen, die Optimierung der Bahnkurven von Raumgleitern oder die Verfolgung trudelnder Raketen ist mit Hilfe neuronaler Netze möglich. (S. 17)

Im November letzten Jahres gewann Professor Dr. Wolfgang Schade, wie kurz vermeldet, den Technologietransferpreis der Industrie- und Handels-

kammer Braunschweig für seine Entwicklung eines faseroptischen Lasersensors. Dr. Ulrike Willer und Professor Schade referieren dessen Einsatzspektrum: „Von der Früherkennung von Vulkanaktivitäten bis zur industriellen Prozesskontrolle“. (S. 44-48)

Abschied nehmen musste die Universität von Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Kurt Leschonski, dem sie viel verdankt. Er war ihr Prorektor und Rektor der Jahre 1983 – 1987 und Begründer des Clausthaler-Umwelttechnik-Institut, GmbH. (S. 55)

„Des Bleibens ist eine kleine Zeit, voller Mühseligkeit, und wer's bedenkt, der ist immer im Streit“, läßt Heinrich Schütz den Chor in den Musikalischen Exequien für den Grafen Heinrich Posthumus von Reuß 1636 in Dresden mahnen. Das ist die bittere Sicht aus der Zeit des Dreißigjährigen Kriegs. Irgendwo auf dieser Welt ist immer gerade dreißig Jahre Krieg. Wir schätzen uns glücklich, das heute nicht am eigenen Leib erfahren zu müssen; TU Contact Nr. 10, Chronik eines guten halben Jahres.

Herzlich, Ihr

J. Brinkmann

Jochen Brinkmann



Bauteilversuch eines Industrieprojektes im Institut für Betriebsfestigkeit und Maschinelle Analagentchnik mit konstanter Lastamplitude in einer elektromagnetischen Resonanzprüfmaschine, genannt Power Swing.

RUBRIKEN

Editorial	3
Campus	5
Forschung	13
Personalia	49
Nachrichten	60

IMPRESSUM

Herausgeber:

Der Rektor der Technischen Universität Clausthal, Prof. Dr. Ernst Schaumann (Adolph-Roemer-Str. 2A), und der Vorsitz des Vereins von Freunden der Technischen Universität Clausthal, Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Schulz (Osteröder Straße 8), beide in 38678 Clausthal-Zellerfeld.

Verlag und Anzeigen

Media Consult Verlags GmbH
Bergstraße 60a, 38640 Goslar
Telefon (053 21) 4 15 02
Telefax (053 21) 4 15 03

Redaktion

Jochen Brinkmann, M.A. (Allgemeiner Teil)
G.-Rauschenbach-Straße 4
Telefon (053 23) 72 77 55
Telefax (053 23) 72 77 59
Dr.-Ing. Lothar Schmidt (Forschungsteil)
Graupenstraße 3
Telefon (053 23) 72 21 41
Telefax (053 23) 72 22 03
(beide in 38678 Clausthal-Zellerfeld)

TU Contact erscheint als Zeitschrift der TU Clausthal und des Vereins von Freunden der TU Clausthal. Bezugspreis (für Mitglieder im Beitrag enthalten): 6,00 DM zuzüglich Versandkosten.

BERUFLICHE PERSPEKTIVEN IM INTERNATIONALEN STEINKOHLEBERGBAU

Spitzenmanager hielt Vortrag im Rahmen der „Montanen-Gespräche“: Das Corps Montania, im Jahr 1868 an der Bergakademie Clausthal von deutschen und südamerikanischen Studenten gegründet, wird mit einer neuen Veranstaltungsreihe, den „Montanen-Gesprächen“, ausgewiesene Fachleute aus der Industrie zu Wort kommen lassen und so der jetzigen Studentengeneration und Schülern der Oberstufenklassen Orientierung für ihren beruflichen Weg bieten. Den Auftakt bildete am 30. April Professor Dr. Karl Friedrich Jakob, Stellvertretender Vorsitzender des Vorstandes der RAG COAL INTERNATIONAL AG, mit einem Vortrag zum Thema „Bergbau in Deutschland, eine Hightech-Industrie mit Zukunft“. S. 10

IBM FÖRDT GRADUIERTENKOLLEG

Die Kritik, dass unser deutsches Hochschulsystem den Erfordernissen nach fachübergreifenden Kompetenzen, ausdifferenzierter Qualifizierung und Beschäftigungsfähigkeit zu wenig Rechnung trage, haben die Technische Universität Clausthal und die IBM Deutschland Speichersysteme GmbH in einem innovativen Gemeinschaftsprojekt relativiert. Als Ergänzung zum von der Deutschen Forschungsgemeinschaft verwalteten Graduiertenkolleg-Programm installierten die Institutionen Deutschlands erstes Industrie-Graduiertenkolleg für Industrielle Anwendungen der Stochastik. S. 7

OLYMPIA DES GEISTES

Der niedersächsische Landeswettbewerb „Jugend forscht“, in diesem Jahr zum 23. Male an der TU Clausthal ausgerichtet, ist die zentrale Gelegenheit für die Universität in Kontakt zu kommen mit Jugendlichen, die mit Enthusiasmus Technik und Naturwissenschaften gegenüberstehen. S. 8

Der erste Clausthaler Wirtschaftsingenieur! Mit 24 Jahren, rund einem Jahr beruflicher Praxiserfahrung und einem mit Auszeichnung bestandenen Examen stehen Dipl.-Wirtschaftsing. Thomas Brunner nun alle Türen offen. Was bewog den jungen Badener, Geburtsort Bruchsal, im „hohen Norden“ zu studieren? S. 8

DER ERSTE CLAUSTHALER WIRTSCHAFTSINGENIEUR!

Der erste Clausthaler Wirtschaftsingenieur! Mit 24 Jahren, rund einem Jahr beruflicher Praxiserfahrung und einem mit Auszeichnung bestandenen Examen stehen Dipl.-Wirtschaftsing. Thomas Brunner nun alle Türen offen. Was bewog den jungen Badener, Geburtsort Bruchsal, im „hohen Norden“ zu studieren? S. 8

INSTITUT FÜR BERGBAU-KOOPERATIONSPARTNER DER STEINEXPO 2002!

Vom 4. - 7. September 2002 wird im hessischen Homburg/Nieder-Offleben die STEINEXPO 2002 ausgerichtet; Schwerpunkt der Messe wird die praxisnahe Vorführung von Maschinen und Anlagen für die Baustoff-Industrie sein. Professor Dr.-Ing. Hossein Tudehski vom Institut für Bergbau hat mit einem bewährten Ingenieursstab die organisatorische Leitung übernommen. S. 9

DER „BEHERRSCHER DER WINDE“

residiert nicht mehr auf der Märcheninsel Aiolia, sondern neuerdings auf Ikaria. Hier sorgen seine Nachfahren dafür, daß Strom aus stochastisch fluktuierenden, regenerativen Energiequellen (z.B. Wind) gegenüber schnell abrufbaren

Energien (z.B. Dampfkraftwerke) trotz vielfältiger Schwierigkeiten konkurrenzfähig bleiben. S. 26

GENETISCH OPTIMIERTE FAHRPLÄNE

„Gute“ Fahrpläne müssen sowohl Kunden als auch Betreiber des entsprechenden Verkehrsnetzes zufriedenstellen, deren Erwartungen teilweise schwer vereinbar sind. Ein in Clausthal entwickeltes Programmsystem, das auf den aus der Biologie bekannten Prinzipien Mutation und Selektion basiert, ist hierbei erfolgversprechend. S. 31

TRAGWERKSBEREMESUNG IN SALINAREN UNTERTAGEBAUEN

Angeichts vielfältiger Anforderungen an die Leistungsfähigkeit geotechnischer Anlagen (Bergbau, Kavernenbau, Untertagedeponie- und Endlagerbau) und damit an Tragwerksplanung und Nachweisführungen ist die Ermittlung von Deformations- und Festigkeitseigenschaften oft nicht mehr ausreichend. Zunehmend sind die Dilatanzfestigkeit, Porositäts-/Permeabilitätsänderungen und Entfestigungseigenschaften laborativ zu ermitteln. S. 34

VULKANAKTIVITÄTEN

frühzeitig zu erkennen und hierfür geeignete Warnsysteme zu entwickeln, stellt eine interessante wissenschaftliche Herausforderung dar. Mittels speziell entwickelter Lasersensoren wurde eine neue Meßmethode entwickelt, die in-situ Molekkonzentrationen in vulkanischen Gasaustritten detektiert. Sie liefert damit die Ausgangsbasis, langfristige Sensorsysteme zur Früherkennung von Vulkantätigkeiten entwickeln zu können. S. 44

Prof. Dr. em. Dr. h.c. Georg Müller wurde die Ehrensenatorwürde verliehen

Professor Dr. em. Dr. h.c. Georg Müller wurde am 15. Februar die Würde eines Ehrensenators der Technischen Universität Clausthal verliehen. 12 Jahre, von 1985 - 1996, diente er ihr als Rektor und Prorektor, nach seiner Emeritierung im Jahre 1996 leitete er drei Jahre das von der VW-Stiftung geförderte Projekt zur Neuordnung der Selbstverwaltungsstrukturen der TU Clausthal, in welchem das Modell einer effizienteren, gestrafften Hochschulführung konzipiert wurde. Vom November letzten Jahres bis zum April dieses Jahres übernahm Professor Müller aus Pflichtgefühl die kommissarische Leitung des Studentenwerks Clausthal, als dieses nach der Trennung vom letzten Geschäftsführer und dem Weggang des stellvertretenden Leiters des Studentenwerks in eine Führungskrise geraten war.

Professor Müller, Jahrgang 1930, geriet 1945 als Flakhelfer in die Abwehrkämpfe um Berlin und wurde schwer verwundet. Aus dem Lazarett kam er zunächst in sowjetische Kriegsgefangenschaft und wurde dann nach Sibirien verschleppt. Von dort kehrte er, nach Kriegsgefangenschaft und acht Jahren Zwangsarbeit, u.a. in Bergwerken am Ural, nach Deutschland zurück und floh, nachdem das DDR-Regime ihn erneut festsetzen wollte, in den Westen Deutschlands. In dem von Theodor Heuß und seiner Gattin eingeführten Spätheimkehrerlehrgang legte er 1956 sein Abitur in Göttingen ab, studierte Mineralogie und Petrographie an der Universität Göttingen, promovierte 1962. Die Venia legendi wurde ihm 1965 an der Universität Kiel verliehen. 1970 nahm er den Ruf an die TU Clausthal an.

Mit diesen Daten umriß der Rektor Professor Dr. Ernst Schaumann den Lebensweg Müllers, der sich von heutigen, undramatischen Vitae, so diametral unterscheidet. „Undramatische Lebenswege sind das Geschenk einer glücklichen Zeit“, sagte Schaumann. Um so beeindruckte ihn, mit welcher Tatkraft, ungebrochen, Müller nach der Rückkehr aus der Sowjetunion das Versäumte der zehn Jugendjahre nachgeholt habe.

In seinem Buch „Vom Stahlhelm zum Hakenkreuz - Menschen und Vorgänge an der Bergakademie Clausthal in den zwanziger bis vierziger Jahren des 20. Jahrhunderts (1995) und dem Heft „Tote und Vermißte der Bergakademie Clausthal im Zweiten Weltkrieg“ (1992) beschrieb Georg Müller die Täter und Opfer des Nationalsozialismus an dem Ort seines akademischen Lebens.

„Sie haben für das Schicksal dieser Menschen die richtigen, unpathetischen Worte gefunden“, sagte der Rektor und dankte Müller für sein außerordentliches Engagement für die TU Clausthal.



Der Rektor, Prof. Dr. Ernst Schaumann (li.) und Prof. Dr. em. Dr. h.c. Georg Müller

„Tatsächlich empfinde ich eine tiefe emotionale Bindung an diese Hochschule, die in ihrer wechselvollen Geschichte immer wieder um ihre Existenz ringen musste“, sagte Professor Müller. „Wie der Einsatz meiner Amtsvorgänger und -nachfolger für die Wohlfahrt unserer alma mater, war selbstverständlich auch der meinige von vielen Rückschlägen begleitet, doch tröstete ich mich immer mit der altrömischen Weisheit: Desint vires tamen est laudanda voluntas; denn nicht immer findet der hier zitierte löbliche gute Wille doch noch einen gangbaren Weg.“

1970 habe er sein Amt unter ganz anderen Voraussetzungen angetreten. Der Übergang von der Ordinarien- zur Gruppenuniversität, die Überleitung großer Teile des akademischen Mittelbaus „aufgrund politischer Motive ohne Ansehen der Person in Professuren auf Lebenszeit“ (1978), der in den neunziger Jahren erfolgte, nicht unbedeutende Verlust eines Teils ihres Personalbestandes, dies waren Veränderungen, unter denen er, wie viele Kollegen auch, gelitten habe, sagte Müller.

„Manche Kollegen reagierten frustriert resignierend, andere mit Verweigerungshaltungen. Meine persönliche Antwort auf die Verluste von 1978 bestand in Gelassenheit. Wenn man über ein Vierteljahrhundert lang in leitenden Positionen

Entscheidungen treffen muss, macht man Fehler. In sachlichen Bereichen lassen sich solche meist korrigieren, im menschlichen Bereich oftmals jedoch nicht. Daher bitte ich ein weiteres Mal von dieser Stelle aus um Entschuldigung, wenn ich meiner preußischen Herkunft gehorchend, die vermeintliche Pflicht vor die Konzilianz gestellt und jemanden in seinen Erwartungen verletzt habe.“

„Niemand weiß, wann die Reformprozesse in einen stabilen Zustand übergehen werden. Fern- und Massenuniversität sind jedenfalls kein erstrebenswerter Zustand. Ich freue mich ganz besonders, dass Sie, Magnifizenz, meine Ehrung mit der Überreichung der Diplom- und Doktorurkunden an unsere jüngsten Absolventen verbunden haben. Den hier versammelten Absolventen gratuliere ich zum Studienerfolg und wünsche von ganzem Herzen, daß die ihnen an unserer Hochschule zuteil gewordene Ausbildung einen raschen und erfolgreichen Einstieg in das Berufsleben nach sich zieht. Mehr kann ein abgeschlossenes Studium nicht ermöglichen. Auch im Beruf muss man ständig dazulernen und viele Prüfungen bestehen. Hierzu meine besten Wünsche und ein herzliches Glückauf!“, sagte Professor Müller.

Professor Dr. Ernst Schaumann für eine zweite Amtszeit als Rektor gewählt

Das Konzil der Technischen Universität Clausthal wählte am 13. Februar den Rektor, Professor Dr. Ernst Schaumann, mit 38 Ja, einer Nein-Stimme und zwei Enthaltungen für eine zweite Amtszeit (1. 10. 2002 - 30.9. 2004) zum Rektor. Professor Schaumann nahm die Wahl an.

Voraussichtlich im Herbst dieses Jahres wird das neue niedersächsische Hochschulgesetz eingeführt, welches an der Hochschulschulspitze einen Präsi-

denten vorsieht. Den Universitäten wird eine Übergangsfrist gewährt, die neue Form der Hochschulleitung einzuführen.

Das Konzil sprach Professor Schaumann seine Anerkennung und den Dank für die geleistete Arbeit aus und verlieh seinem Vertrauen Ausdruck, dass Professor Schaumann die Geschicke der Universität gut durch diese Übergangsphase führen werde.



Professor Dr. Ernst Schaumann

Prof. Dr. Th. Hanschke für eine zweite Amtszeit zum Prorektor für Studium und Lehre gewählt

Das Konzil der TU Clausthal wählte am 11. Juli 2001 den Prorektor für Studium und Lehre, Professor Dr. Thomas Hanschke mit 27 Ja-Stimmen und vier Enthaltungen für die folgende Amtszeit, 1. April 2002 - 31. März 2004, zum Prorektor für Studium und Lehre. Professor Hanschke, befragt zu seinen Zielvorstellungen für dieses Amt, beschrieb Veränderungen des deutschen Bildungssystems in Analogie zu Veränderungen der deutschen Industrie.

Als er 1986 in die IBM eintrat, beschäftigte man sich dort gerade damit, die Geschäfts- und Arbeitsabläufe zu vereinheitlichen, um sie der elektronischen Zwangsführung zu unterwerfen. Der zunehmenden Komplexität der Produktion und dem Kostendruck versuchte man durch Modularisierung, Segmentierung und Fremdbezug Herr zu werden. Diese Entwicklung ging mit einem massiven Arbeitsplatzabbau einher.

„Genauso wie die Rationalisierungsmassnahmen in der Industrie zielt auch die Hochschulreform darauf ab, die Auswirkungen knapper werdender Ressourcen durch Nutzung von Synergien und moderner Technologien zu kompensieren. Folgerichtig wurde deshalb auch im Bildungswesen zunächst versucht, Transparenz und Effizienz des Systems durch die Einführung von Regelstudienzeiten und deren Festschreibung in Modellstudienplänen zu erhöhen. Um den Anforderun-

gen des Arbeitsmarktes gerecht zu werden, wurden neue interdisziplinäre Studiengänge geschaffen und gestufte Studiengangsmodelle (Bachelor und Master) entwickelt. Die mit der Diversifizierung verbundene Modularisierung von Studieninhalten ermöglicht nicht nur, sich besser den Möglichkeiten des Arbeitsmarktes anzupassen, sondern auch Teile der Ausbildung auszulagern oder von einer anderen Institution zu beziehen (z.B. in Form von Teleteaching). Die Protagonisten des e-Learning gehen deshalb noch einen Schritt weiter. Sie arbeiten an der strategischen Zielsetzung, standardisierte Vorlesungen mit exzellentem akademischen Lehrpersonal multimedial aufzubereiten und dann dezentral an vielen Hochschulen gleichzeitig anzubieten.“ Um sich die Urheberrechte an den fachlichen Inhalten zu sichern, haben einige Media-Konzerne bereits renommierte Wissenschaftsverlage aufgekauft.

„Sollte sich der Staat also weiter aus seiner bildungspolitischen Verantwortung zurückziehen, ist abzusehen, dass diese Neuordnung viele Universitäten und Fachhochschulen in den Ruin treiben wird. Deshalb ist es wichtig, rechtzeitig auf diese Entwicklung zu reagieren“, sagte Professor Hanschke.

Der Technischen Universität Clausthal empfiehlt Professor Hanschke, stärker auf ihre Kernkompetenzen einer Technischen Universität zu setzen. Die enge Verzahnung von Natur- und In-



Professor Dr. Thomas Hanschke

genieurwissenschaften, der Forschungsbezug und der hohe Grad der Interdisziplinarität führen zu einer natürlichen Abgrenzung zu Universitäten und Fachhochschulen. Es ist deshalb wichtig, diese Stärken bereits in der Ausgestaltung der Studiengänge zum Ausdruck zu bringen. Ein besonderes Merkmal der Clausthaler Studiengänge könnte z.B. darin liegen, dass den Studenten zusätzlich zum Fachwissen besondere Sekundärfähigkeiten vermittelt werden, die sie befähigen, sich in einer veränderlichen und flexibilisierten Arbeitswelt zurechtzufinden. Schließlich sollte es auch im Sinne der Wissenschaft sein, wenn sich die Absolventen im beruflichen Alltag mit ihrem Wissen und ihren Ideen erfolgreich durchsetzen können. ■

Marktprozesse erleben!

Mathematiker prüfen ihre Aussagen durch Beweise. Informatiker können die Effizienz einer Software in der Ausnutzung der Rechnerleistung anhand der Schnelligkeit mit der eine bestimmte Aufgabe gelöst wird, bestimmen. Der Ingenieur prüft u.a. an einem Prüfstand, ob die bei der Auslegung eines Bauteils berechnete Lebensdauer realistisch ist.

Die Volkswirtschaftslehre, in der mathematischen Modellierung ökonomischer Vorgänge „glasklar“, teilt mit den Geisteswissenschaften das „Leid“, dass sie zwar aus Beobachtung plausible Annahmen, wie eine Volkswirtschaft „funktioniert“, treffen und diese sodann in mathematische Formeln übersetzen, sie jedoch nicht, wie in den Natur- und Ingenieurwissenschaften möglich, durch Feldexperimente überprüfen kann. 80 Millionen Deutsche können nicht „Versuchskaninchen“ oder Bauteile, „gequält“ in Prüfständen, sein.

Die ökonomische Forschung hat in den letzten fünfzehn Jahren zunehmend ökonomische Spiele, Laborexperimente, konstruiert, die Vorgänge des wirtschaftlichen Lebens nachbilden. Der Ausgang eines Spieles über eine bestimmte Anzahl von Runden kann dann zur Überprüfung einer Theorie eingesetzt werden. Der einzige deutsche Wirtschafts-Nobelpreisträger, Reinhard Selten von der Universität Bonn, ist einer der Pioniere auf diesem Gebiet. Der Einsatz von Experimenten in der Lehre bildet jedoch auch heute noch die seltene Ausnahme.

Mit der „Doppelten Auktion“ und der „dezentralen Verhandlung“ erproben im vergangen

Wintersemester Clausthaler Studenten in der Vorlesung von Professor Dr. Mathias Erlei die Regeln von Angebot und Nachfrage. Bei der „doppelten Auktion“ wird einer Gruppe von Verkäufern eines bestimmten Gutes, welches sie, entsprechend ihrer individuellen Kostenstruktur zu einem Preis oberhalb von X verkaufen können, eine Gruppe von Käufern gegenübergestellt, die ebenfalls über einen je individuellen Nutzen Y verfügen. Der Verkäufer möchte einen Preis erzielen, der möglichst hoch über seinen Kosten liegt, der Käufer strebt einen möglichst niedrigen Preis an, maximal bis knapp unter den in Geldeinheiten ausgedrückten Nutzenwert. In jeder Spielrunde rufen Anbieter und Käufer wie an einer Börse jeweils ihre Angebote aus, bis eines davon von einem der Marktteilnehmer angenommen wird.

Und die Auswertung des Spiels zeigt, dass schon nach zwei Runden Angebot und Nachfrage sich beim Gleichgewichtspreis einpendeln. Unbewusst agierten die Teilnehmer wie die Werte einer Angebots- und Nachfragekurve, bei welcher der Gleichgewichtspreis den Schnittpunkt bildet, und realisieren alle möglichen Handelsgewinne, ganz wie es die ökonomische Theorie voraussagt.

Beim Spiel der „dezentralen Verhandlungen“ werden die Angebote nicht laut ausgerufen, sondern „still“ in bilateralen Verhandlungen vorgeschlagen. Dabei trat eine systematische Veränderung auf: Da jeder nur das Kauf- oder Verkaufsangebot seines Gegenübers kennt und es vom Kommunikationsgeschick des Einzelnen abhängt, wie „hart“ er oder sie verhandelt, und mit wie vielen er in ein Verkaufsgespräch eintritt, kön-

nen kommen vermehrt Vertragsabschlüsse zustande, die deutlich oberhalb oder unterhalb des Gleichgewichtspreises liegen, sofern zufällig die „richtig-falsche“ Paarung eines Verkäufers und eines Käufers aufeinandertreffen.

Die Gesamtrente, zusammengesetzt aus Produzenten- und Konsumentenrente, blieb in allen Spielrunden deutlich unter der der „doppelten Auktion“ mit öffentlich ausgerufenen Geboten, sprich der bessere Informationsstand über Angebot und Nachfrage senkt im Schnitt die Streuung der Handelspreise. Auch eine leichte Überproduktion ist bei dieser Marktordnung der Fall, weil per Zufall auch Käufer zum Zuge kommen können, deren Nutzenerwartung unterhalb des Gleichgewichtspreises liegt. „Eine Überproduktion ist aber ein gesellschaftlicher Schaden, weil damit die Alternative der Herstellung eines Produkts mit Nettonutzen verhindert wurde“, erläutert Professor Erlei.

Im Detail wurde jede Verkaufsrunde analysiert und den Abweichungen von den theoretischen Modellvorhersagen auf den Grund gegangen. Die Studierenden erlernen dabei die Bedeutung der teilweise sehr abstrakten Theorie und erkennen gleichzeitig deren Grenzen. So durchschaut die Volkswirtschaftslehre mit Hilfe des Spiels, der Fiktion, die Realität.

Weitere Informationen:

Prof. Dr. Mathias Erlei

Institut für Wirtschaftswissenschaft

Abteilung für Volkswirtschaftslehre

Julius-Albert-Straße 2

38 678 Clausthal-Zellerfeld

Tel.: +49 5323 72 76 35

Fax: +49 5323 72 76 98

e-Mail: mathias.erlei@tu-clausthal.de

IBM fördert Graduiertenkolleg

Die Kritik, dass unser deutsches Hochschulsystem den Erfordernissen nach fachübergreifenden Kompetenzen, ausdifferenzierter Qualifizierung und Beschäftigungsfähigkeit zu wenig Rechnung trage, haben die Technische Universität Clausthal und die IBM Deutschland Speichersysteme GmbH in einem innovativen Gemeinschaftsprojekt relativiert. Als Ergänzung zum von der Deutschen Forschungsgemeinschaft verwalteten Graduiertenkolleg-Programm installierten sie Deutschlands erstes Industrie-Graduiertenkolleg für Industrielle Anwendungen der Stochastik.

Mit dieser Einrichtung wollte man jungen Wissenschaftlern der Mathematik und Informatik Gelegenheit bieten, anwendungsnah zu forschen.

Gleichzeitig wollte man demonstrieren, dass Grundlagenforschung auch im produktionsnahen Umfeld gedeihen und durch geeignete Management-Prozesse rasch einer technologischen Verwendung zugeführt werden kann. Im März sind die letzten beiden Teilnehmer des Kollegs erfolgreich promoviert und in anspruchsvolle Positionen vermittelt worden. Im Rahmen des von IBM mit insgesamt über 500 000 Euro ausgestatteten Projekts wurden nicht nur exzellente Nachwuchswissenschaftler promoviert sondern auch zahlreiche Diplom- und Studienarbeiten wissenschaftlich betreut und finanziell gefördert. Einige dieser Entwicklungen wurden u. a. auf der Hannover Messe 2002 der Öffentlichkeit präsentiert. Im Gegenzug kamen Mitarbeiter der Technischen Universität Clausthal als Gastwissenschaftler nach Mainz, um in der Produktion der

IBM die Anwendung neuer mathematischer Planungsmethoden zu erproben und um innerbetriebliche Vorlesungen zu halten. Besonderes Lob gebührt dem Management der IBM, das den jungen Wissenschaftlern tatkräftig geholfen hat, den Spagat zwischen Wissenschaft und Praxis zu meistern.

Die Schirmherren, die beiden Geschäftsführer der IBM Deutschland Speichersysteme GmbH Dr. Walter Meizer und Dieter Münk und der Prorektor der TU Clausthal Prof. Dr. Thomas Hanschke, möchten ihr Experiment als Beispiel für eine strukturierte Doktorandenausbildung und als konsequente Fortsetzung des den Berufsakademien zugrundeliegenden dualen Ausbildungsprinzips verstanden wissen. Schließlich werde es angesichts der Anforderungen eines veränderlichen Arbeitsmarktes und einer stark arbeitsteiligen Industrie immer dringlicher, dass die Absolventen frühzeitig praktische Erfahrungen erwerben, damit sie später rasch in die Unternehmensabläufe eingebunden werden können. ■

Olympia des Geistes

Olympia des Geistes - der Landeswettbewerb Jugend forscht in der TU Clausthal, nunmehr zum 23. Male; die Preisverleihung in der Aula der Universität der Ort der großen Gefühle: „In ihrer Arbeit beziehen Sie internationale Fachliteratur ein. Die Jury ist der Auffassung, sie könnte sofort als Diplomarbeit eingereicht werden“, zitiert Wettbewerbsleiter Studiendirektor Thomas Biedermann aus derem Urteil. Elisabeth Krause strahlt, fassungslos. Ihr Kompagnon, Sebastian Bürgel, lächelt und schaut zu Boden.

Die beiden Hannoveraner Gymnasiasten sind mit ihrer Arbeit zu „Galaxien auf Kollisionskurs“ Landessieger im Fachgebiet Geo- und Raumwissenschaften. Auf einem normalen PC simulierten sie die Jahrmillionen dauernde Kollision von Sternhaufen. Furioso glorioso: „Ihre Arbeit könnte die Grundlage einer Doktorarbeit sein.“ Vater und Mutter umarmen sie gerührt, Elisabeth Krause stemmt vor Freude die kleine Schwester. Der bleibt die Luft weg.

Fabian Czerwinski wird nach vorne gerufen. Drei Jungen, ein Mädchen springen mit einem Aufschrei in die Höhe und applaudieren. Mit hochrotem Kopf, den Tränen nahe, ein Siegeszeichen hin zu den Freunden, nimmt er die Auszeichnung entgegen: Landessieger im Fachgebiet Physik! Er hat mit einem Rasterkraftmikroskop (AFM) die Fertigung eines Feldeffekttransistors vereinfacht und detailliert charakterisiert. Ein solches Mikroskop „sieht“ die Potentialverteilung auf einer Festkörperoberfläche in subatomarer Auflösung und kann Atome gezielt verschieben. Als er, gesponsort von Intel, eine Reise in die USA gewinnt, um seine Arbeit auf einer amerikani-

schen Jungforscher-Messe im Mai zeigen zu dürfen, übermannt ihn schier die Emotion.

ABBA ist heute keine Popgruppe mehr, sondern eine Software zum sicheren Übertragen von Nachrichten innerhalb einer Gruppe. Mitglieder der Gruppe können in verschiedenen Diskussionsbereichen eine offene Unterhaltung führen und Informationen für andere bereitstellen. Dieser Nachrichten-Pool wird an irgendeiner über das Internet oder Netzwerk erreichbaren Stelle verschlüsselt positioniert. Die Benutzer können auf ihrem Computer mit Hilfe von ABBA auf diese Nachrichten zugreifen. Dazu müssen sie sich mit einer Chipkarte und einem Passwort legitimieren. „Die Jury schätzte ihre offene Art der Präsentation, die auch freimütig Schwierigkeiten benannte“, zitiert Wettbewerbsleiter Biedermann die Beurteilung. Landessieger im Fachgebiet Mathematik/Informatik sind Jan Ringert und Tim Gülke vom Scharnhorst-Gymnasium in Hildesheim.

Schwerstbehinderte, die bis zum Hals gelähmt sind, oft sogar nicht sprechen können, haben größte Schwierigkeiten sich verständlich zu machen. Christian Sils, Alex Klein und Stephanie Krause von der Realschule in Emden haben sich etwas überlegt, das ihnen hilft. Eine Web-CAM beobachtet ihren Augenlidschlag, eine Software wertet die Bilder (Auge offen, Auge zu) automatisch aus, und der Kranke kann so über ein Programm der Maschine sagen: „Ich will einen Text schreiben, mein Bett verstellen, den Fernseher ein/ausschalten.“ Eine Erleichterung des Alltags in schlimmer Lage. Landessieger im Fachgebiet Arbeitswelt wurden sie hiermit.

Wettbewerbsleiter StD Thomas Biedermann stolperte die Zunge, als er - als Physiklehrer - die Titel der biologischen und chemischen Arbeiten „aufsa-

gen“ mußte: „Knöllchenbildende Bakterien der Beta-Unterklasse der Proteobakterien bei Psychotria bacteriophila“; mit diesem Thema wurde der lang aufgeschossene, hagere und zurückhaltende Falko Abels vom Käthe-Kollwitz-Gymnasium in Wilhelmshaven Landessieger im Fachgebiet Biologie. Kurz gefasst ging es darum, eine zuvor bei dieser Pflanze unbekannten Bakterienart, die in Symbiose mit dieser Pflanze lebt, nachzuweisen und etwas über ihre Lebensbedingungen, wann geht es ihr gut, wann geht es ihr schlecht, herauszufinden.

Benjamin Troegel, Elmar Gohlke und Jan Michel Jockheck vom Gymnasium Soltau haben einen bestehenden Schnelltest für Formtrennmittel für den Druckguss verbessert. Die Jury schickt sie mit ihrer Arbeit aus dem Fachgebiet Chemie zum Bundeswettbewerb nach Darmstadt vom 23. bis 26. Mai.

Bereits zum zweiten Mal waren Cornelius Bode und Jan Wagner vom Scharnhorst Gymnasium Hildesheim beim Landesausscheid Jugend forscht. Selbstbewusst schrieben sie in ihrer Kurzbeschreibung ihres Projektes: „Wir bauten ein neuartiges, innovatives System zur Datenübertragung mit Laser. Es ermöglicht die digitale Übertragung von Netzwerksignalen mit 10 Mbit/s und analogen Videosignalen durch die freie Atmosphäre. Wo früher Glasfaserkabel hätten verlegt werden müssen, kommt nun unser System zum Einsatz. Enorme Verlegekosten für Kabel können so gespart werden.“ Landessieger im Fachgebiet Technik wurden sie mit dieser Leistung.

Viele weitere Sonderpreise wurden vergeben, die Kultusministerin Renate Jürgens Pieper und der Rektor der TU Clausthal, Professor Dr. Ernst Schaumann, beglückwünschten die Nachwuchsforscher. Die Preisverleihung wurde live ins Internet übertragen und liegt als Dokumentation auf dem Server des Rechenzentrums. Partner des Landeswettbewerbes Jugend forscht ist die E.ON Kernkraft. Sie sponsort die Ausrichtung des Wettbewerbs.

Thomas Brunner ist der erste Clausthaler Wirtschaftsingenieur

„Ob die Letzten die Ersten sein werden, vermögen wir nicht zu entscheiden, aber dass Herr Brunner, unser erster Absolvent des Wirtschaftsingenieurswesens in Clausthal, eine glänzende Zukunft haben dürfte, dessen sind wir uns recht gewiss“, sagte Professor Dr. Rolf Schwinn und gratulierte dem Senkrechtstarter.

Mit 24 Jahren, rund einem Jahr beruflicher Praxiserfahrung und einem mit Auszeichnung bestanden Examen stehen Dipl.-Wirt-

schaftsing. Thomas Brunner nun alle Türen offen.

Was bewog den jungen Badener, Geburtsort Bruchsal, im „hohen Norden“ an der TU Clausthal Wirtschaftsingenieurwesen zu studieren?

„Ich suchte eine ausgewogene Mischung zwischen dem wirtschaftlichen und technischen Wissen, daher gefiel mir das Clausthaler Studienmodell in seiner Vielschichtigkeit. Ich wollte keine abgespeckte Version, sondern von beiden Welten, Technik und Ökonomie, gründliche Kenntnisse erwerben. Und das hat mir mein Stu-

dium in Clausthal auch gebracht“, sagt Dipl.-Wirtschaftsing. Thomas Brunner in der Rückschau.

„Die Vorteile einer kleinen Uni waren mir wohl bewusst, denn ich wollte zügig studieren. In Clausthal war der Studiengang im Wintersemester 1997/98 gerade ganz frisch eingeführt, so gehörte ich zur Pionier-Studentengeneration, und das reizte mich schon sehr. Das Clausthaler Institut für Wirtschaftswissenschaften wurde ja gerade mit neuen Professoren aufgebaut. Al- ▶

le sind sehr engagiert. Unser Studienerfolg lag ihnen am Herzen.“

Und obwohl Thomas Brunner so schnell durch sein Studium geeilt ist, ist er darum kein „Stubenhocker“. „Dafür ist der Harz viel zu schön!“ Mit dem Mountainbike erkundete er die Höhen des Harzes und genoss die Natur beim Waldlauf. „Wenn man sich nicht verzettelt, bleibt immer noch Freizeit“, sagte Thomas Brunner, der in seiner Heimatstadt auch schon Freizeiten für die Pfadfinderjugend organisierte und betreute.

Als Praktikant und Werkstudent bei der DaimlerChrysler AG in Stuttgart fühlte er sich gefordert, schrieb folgerichtig auch dort seine Diplomarbeit.

Am Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit in der Abteilung von Professor Dr.-Ing. Uwe Bracht absolvierte er einen großen Teil seines Ingenieurstudiums. „Aufgrund der guten Industriekontakte konnte ich durch die Mitarbeit in einem Industrieprojekt mit der Salzgitter AG wertvolle Erfahrungen sammeln“, berichtet er. „Beruflich würde ich gerne im Bereich des Projektmanagements tätig werden.“



Freuen sich mit Dipl.-WirtschaftsIng. Thomas Brunner (dritter v.l.) an seinem schnellen Studienerfolg: Frau Prof. Heike Y. Schenk-Mathes, Prof. Dr. Wolfgang Pfau, Prof. Dr. Mathias Erlei, Prof. Dr. Rolf Schwinn.

STEINEXPO 2002

4.-7. September

Vom 4.-7. September 2002 wird im hessischen Homburg/Nieder-Ofleiden die STEINEXPO 2002 ausgerichtet; Schwerpunkt der Messe wird die praxisnahe Vorführung von Maschinen und Anlagen für die Baustoff-Industrie sein.

Dies und die naturgegebenen Besonderheiten des Geländes - Europas größter Basaltsteinbruch Nieder-Ofleiden wurde nicht als Messegelände erschlossen - bedingen eine intensive ingenieurtechnische Planung und Betreuung der Messe. Vermessungen sind vorzunehmen, Stand- und Netzpläne zu erstellen, die Messe-Infrastruktur (Strom, Wasser, Verpflegung, Besuchertransport etc.) zu planen, der Auf- und Abbau der Messeexponate im Zeitablauf zu betreuen, die Demonstrationen vorzubereiten - dies ist nur ein kleiner Ausschnitt der Aufgaben eines Expertenteams aus Bergbau-Ingenieuren, das die STEINEXPO seit ihrer Gründung betreut.

Als neuer Lehrstuhl-inhaber am Institut für Bergbau der TU Clausthal wird Professor Tudeszki

auch 2002 die technische Planung und Betreuung der STEINEXPO übernehmen. Hierzu stehen ihm eine Reihe bestens bewährter und STEINEXPO-erfahrener Bergbau-Ingenieure zur Verfügung. Dies erfreut um so mehr, als es damit gelungen ist, das in langjähriger Zusammenarbeit aufgebaute Know-How auch 2002 den Ausstellern und Besuchern der Demo-Messe zur Verfügung zu stellen.

Mit der Einbindung des Ingenieur-Teams der TU Clausthal wurde nunmehr die „heiße“ Planungsphase eingeläutet. Die STEINEXPO 2002 wird wieder der Treffpunkt der Bau- und Baustoffindustrie. Technik und Dienstleistungen rund um die Themen Rohstoffgewinnung, -aufbereitung, -veredelung und Baustoffrecycling.

Weitere Informationen:
Geoplan GmbH
Organisations-Team STEINEXPO
Josef-Herrmann-Str. 1-3
76473 Iffezheim
Tel.: 07229-606-30 oder 32
Fax: 07229-606-39

TU Clausthal im Hochschulranking beim Maschinenbau und in der Mathematik vorn!

In dem gemeinsam von dem Magazin Stern und dem CHE, Centrum für Hochschulentwicklung, herausgegebenen „Studienführer 2002“ liegt die TU Clausthal im Maschinenbau und in der Mathematik vorn. Die Clausthaler Maschinenbau- und die Mathematikstudenten sind mit ihren Studienbedingungen sehr zufrieden, die Professoren des Maschinenbaus gehören zu den drittmittelstärksten in Deutschland, Clausthaler Mathematiker zeichnen sich durch eine kurze, erfolgreiche Studiendauer aus, so das positive Votum von CHE und Stern.

Erratum

In der Ausgabe 9 berichteten wir auf Seite 5 über Assistant Prof. Dr.-Ing. Mohammed Amro. Irrtümlich hieß es dort, Professor Amro habe bei Professor Kessel im Institut für Erdöl- und Erdgastechnik promoviert. Richtig ist, dass Professor Amro bei Professor Kessel im Institut für Erdöl- und Erdgasforschung promoviert hat.

TU Bergakademie Freiberg und TU Clausthal streben Lehraustausch an

Die Technische Universität Bergakademie Freiberg und die Technische Universität Clausthal streben einen ergänzenden Lehraustausch auf den Gebieten Bergbau, Geo- und Werkstoffwissenschaften an. Das ist das Ergebnis eines Arbeitsbesuches der Freiburger Hochschulspitze an der TU Clausthal am 17. Januar.

Von Freiberg Seite nahmen an dem Gespräch teil: Prof. Dr. Georg Unland, Rektor, Prof. Dr. Michael Stelter, Prorektor für Bildung und Strukturentwicklung, Prof. Dr. Carsten Drebenstedt, Prorektor für Forschung, Prof. Dr. Frieder Häfner, Dekan der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, Prof. Dr. Klaus Eigenfeld,

Dekan der Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie.

Die Clausthaler Seite wurde vertreten durch den Rektor, Prof. Dr. Ernst Schaumann, den Kanzler, Dr. Peter Kickartz, den Prorektor für Studium und Lehre, Prof. Dr. Thomas Hanschke, den Prorektor für Forschung und Hochschulentwicklung, Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck, den Dekan des Fachbereichs Physik, Metallurgie und Werkstoffwissenschaften, Prof. Dr. Volker Kempster und den Dekan des Fachbereichs Geowissenschaften, Bergbau und Wirtschaftswissenschaften, Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Lux.

Ende April fand ein Gegenbesuch in Freiberg statt. ■

Erich-Siebel-Gedenkmünze für Prof. Dr. - Ing. Harald Zenner

Prof. Dr.- Ing. Harald Zenner, Institut für Betriebsfestigkeit und Maschinelle Anlagentechnik, wurde mit der Erich-Siebel-Gedenkmünze ausgezeichnet.

Sie gilt als die höchste persönliche Auszeichnung auf dem Gebiet der Materialforschung und -prüfung in Deutschland.

Sie wurde am 25. April vom Deutschen Verband für Materialforschung und -prüfung DVM zusammen mit der Europäischen Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung EFB verliehen. ■



Prof. Dr. Karl Friedrich Jacob

Spitzenmanager hielt Vortrag im Rahmen der „Montanen-Gespräche“: Das Corps Montania, im Jahr 1868 an der Bergakademie Clausthal von deutschen und südamerikanischen Studenten gegründet, wird mit einer neuen Veranstaltungsreihe, den „Montanen-Gesprächen“, ausgewiesene Fachleute aus der Industrie zu Wort kommen lassen und so der jetzigen Studentengeneration und Schülern der Oberstufenklassen Orientierung für ihren beruflichen Weg bieten. Den Auftakt bildete am 30. April Professor Dr. Karl Friedrich Jakob, Stellvertretender Vorsitzender des Vorstandes der RAG COAL INTERNATIONAL AG, mit einem Vortrag zum Thema „Bergbau in Deutschland, eine Hightech-Industrie mit Zukunft“ auf dem Haus des Corps Montania in der Erzstraße 45.

Berufliche Perspektiven im internationalen Steinkohlenbergbau

Die Formulierung des Themas mag mancher als provokant empfinden, denkt er an den schrumpfenden inländischen Stein- und Braunkohlenmarkt. Aber Salz, Steine und Erden sowie andere Industriemineralien sind Rohstoffe, bei denen in Deutschland aus lagerstättenkundlichen und geologischen Gesichtspunkten eine Eigenversorgung möglich und bei Berücksichtigung ökologischer und sozialer Aspekte diese auch sinnvoll ist. Der Bergbau in Deutschland ist nicht tot. Hinzu kommt, dass, weltweit betrachtet, der Energiebedarf bei wachsender Weltbevölkerung und höherem Lebensstandard steigen wird, und für die Energieversorgung die Steinkohle eine herausragende Rolle einnimmt.

Die RAG Aktiengesellschaft hat mit der RAG COAL INTERNATIONAL den Sprung von der Ruhrkohle zur Weltkohle vollzogen. Mit jährlich rund 70 Millionen Tonnen Steinkohlen, erzielt über Beteiligungsgesellschaften in den USA, Australien und Venezuela, ist das Unternehmen in die Spitzengruppe der privaten internationalen Steinkohleproduzenten aufgestiegen. Die Tochtergesellschaft DBT GmbH ist auf dem Weg zum Weltmarktführer der Bergbau-Ausrüstungshersteller für den Tiefbau zu werden; Spitzentechno-

logie, in Deutschland entwickelt und erprobt, für den Weltmarkt.

Der Referent, Professor Dr. Karl Friedrich Jacob, Stellvertretender Vorsitzender des Vorstands der RAG COAL INTERNATIONAL, studierte in den USA Betriebswirtschaft und an der TU Clausthal Bergbau. In seinem Vortrag stellte er das Anforderungsprofil an den Ingenieur nachwuchs aus dem Blickwinkel seines Geschäftsfeldes dar. Bereitschaft zum Auslandsaufenthalt, betriebswirtschaftliche Kenntnisse, verbunden mit dem im Weltstandard hochwertigen deutschen Ingenieurwissen, sind, so Professor Jacob, die zentralen Voraussetzungen, um heute erfolgreich als Bergbauingenieur tätig zu sein.

Das Corps Montania, bereits in seinen Ursprüngen aus Südamerikanern und Deutschen international orientiert, zählt zu seinen Prinzipien Toleranz und Verantwortungsbewusstsein und bietet nach dem Motto „Mit Freunden studieren“ die Möglichkeit, im Zusammenleben Gleichgesinnter auf dem Corpshaus zielstrebig zu studieren. Das Corps bietet über die Angebote der Universität hinaus Möglichkeiten zur Freizeitgestaltung, vermittelt In- und Auslandspraktika. ■

TU Clausthal unterstützt Existenzgründer

Existenzgründer aus der Universität in unternehmerischen Fragen zu beraten und zu qualifizieren sowie ihnen das Knüpfen von Kontakten zu erleichtern, sind die Ziele eines neuen Projektes an der TU Clausthal. Das durch den Europäischen Sozialfonds geförderte Vorhaben wurde von Dipl.-Geophys. Mathias Liebing, ZTW, Bereich Technologietransfer, gemeinsam mit Prof. Dr. Wolfgang Pfau, Institut für Wirtschaftswissenschaft, initiiert.

Mit Frau Dipl.-Ing. Ulrike Hellwig konnte für diese Aufgabe eine erfahrene Praktikerin gewonnen werden. Nach ihrem Studium der Fertigungstechnik an der TU Berlin war Frau Hellwig über 15 Jahre mit einem Ingenieurbüro selbständig tätig. Daneben bringt Frau Hellwig auch Lehrerfahrung mit, denn sie unterrichtete in den vergangenen Jahren als freiberufliche Dozentin für Projektmanagement und Marketing und begleitete Projekte mit der regionalen Industrie.

„Ich stehe allen, die mit einer Idee zur Existenzgründung in den Startlöchern stehen, für eine individuelle Beratung zur Verfügung. Mit unserem Veranstaltungsangebot, beispielsweise der Ring-

vorlesung "Existenzgründung und Unternehmensführung", wollen wir es potentiellen Gründern ermöglichen, sich im unternehmerischen Bereich praxisnah weiterzuqualifizieren. Nicht zuletzt wollen wir durch unsere Aktivitäten verborgene Potentiale in der Hochschule erschließen und gezielt fördern,“ sagt Frau Hellwig zu ihren Zielen.

High-Tech-Gründer finden im Oberharz gute Bedingungen vor. Aus dem Umfeld der Technischen Universität Clausthal entstanden in den vergangenen Jahren eine ganze Reihe erfolgreicher Unternehmen. Deren Gründer berichteten bereits in den zurückliegenden Semestern im Rahmen der Ringvorlesung über ihren Weg und stehen der jetzigen Gründergeneration mit ihrer Erfahrung zur Seite.

Interessenten können sich wenden an:

*Dipl.-Ing. Ulrike Hellwig,
ZTW,*

*Bereich Technologietransfer,
Telefon (05323) 72-7753,*

eMail: ulrike.hellwig@tu-clausthal.de



Frau Dipl.-Ing. Ulrike Hellwig

„Pinochio“ lag sieben Jahrhunderte in der Erde

Klaus Herrmann ist als Techniker im Institut für Mineralogie und Mineralische Rohstoffe für das Operating der Elektronenstrahlmikrosonde verantwortlich. Vor einiger Zeit machte er einen besonderen Fund. Er war so freundlich, ihn der Pressestelle mit einem kleinen Bericht zur Verfügung zu stellen. Hier ging die kleine Wundergestalt etwas unter (mea culpa!) und soll nun endlich das Licht der Öffentlichkeit erblicken.

„Pinochio“ lag sieben Jahrhunderte in der Erde, bis das Auge der Mikrosonde ihn erblickte.

Klaus Herrmann schreibt: „Das Bild ist mit der Cameca SX100 Elektronenstrahlmikrosonde aufgenommen worden. Bei der Suche nach Messpunkten, um eine quantitative Bestimmung der Probe durchzuführen, erblickte ich diesen neuzeitlichen Kristall-Menschen, nicht aus Holz, sondern aus Aluminiumsilikat. Die Probe ist eine Emaille-schicht (Blei-Silikat) von einem Trinkbecher aus dem 13. Jahrhundert. Der Fundort ist das Johanne-ser Kurhaus Zellerfeld, mit einem Bericht in der Fachzeitschrift „Niedersächsische Denkmalpfe-

ge 4/2000“ von der Ausgrabung. Die Probennahme und Untersuchungen wurden von Frau Dr. Römer-Strehl durchgeführt. In dieser Emaille hatte Pinochio ja dann lange Zeit zum Wachsen. Leider ist er nur 20 Mikrometer groß geworden.“ ■



„Pinochio“ lag sieben Jahrhunderte in der Erde, bis das Auge der Mikrosonde ihn erblickte.
Aufnahme: Herrmann.

In 85 Millionen Jahren „wuchs“ der Harz um mehr als 4 Kilometer!

Vor rund 400-300 Millionen Jahren wurde das Variszische Gebirge in Europa aufgefaltet. Zu diesem großen Orogenzug gehören in Deutschland u.a. der Harz und das Rheinische Schiefergebirge. Während die geologischen Prozesse der Gebirgsbildung im Erdaltertum für den Harz mittlerweile relativ gut verstanden werden, sind die tieferen Ursachen für dessen jüngere Hebungsgeschichte, von der Oberkreide (85 Mio. Jahre) bis in die Gegenwart, es handelt sich hier um Hebungen von mehr als vier Kilometer, noch nicht befriedigend geklärt. Geologen der Universitäten Braunschweig und Clausthal sowie des sachsen-anhaltinischen Landesamtes für Geologie und Bergwesen luden für den 19. und 20. April zu einem Workshop zur Harzgeologie ein. Rund 30 Wissenschaftler, welche im vergangenen Jahrzehnt an dem Schwerpunkt der Deutschen Forschungsgemeinschaft zu den Varisziden in Mitteleuropa mitgearbeitet haben, folgten der Einladung.

Letztlich wird diese Hebung im Verbund mit weiteren Regionalstudien als Puzzle zusammengesetzt werden müssen. Eine weitere fundamentale Frage der Harzgeologie ist die plattentektonische Situation im Umfeld des Harzes während der variszischen Ära (Devon bis Oberkarbon, vor ca. 400-300 Millionen Jahren). Der Harz liegt direkt nördlich des Verschweißungsbereiches der Rheinoherzynischen und Saxothuringischen Platte. Als Grenzsutur wird der SE-Harz, die Zone von Wippra angesehen, wo durch das Kollisionsereig-

nis der beiden kontinentalen Plattensplitter vor ca. 320 Millionen Jahren dort erhöhte Temperaturen und Drucke (350°C, bis zu 6 Kilobar Druck) auftraten.

Das vielleicht größte Faszinosum: Der Mensch, ein Wesen, das seit rund fünf Millionen Jahren, seinen Ausgang in Afrika nehmend, über diesen Globus „stolpert“, kann als naturwissenschaftlicher Detektiv Spuren des Werdens seines Planeten entdecken, welche die Geschichte seiner biologischen Art um bis zu mehr als das Fünfhundertfa-

che zeitlich übersteigen. Die Naturgeschichte des Harzes setzen die Geologen aus tiefenseismischen, struktureologischen, sedimentologischen, petrologischen und paläogeographischen Mosaik-elementen zusammen.

Das Institut für Geowissenschaften der TU Braunschweig, das Landesamt für Geologie und Bergwesen, Sachsen-Anhalt, und das Institut für Geologie und Paläontologie der TU Clausthal luden daher die wissenschaftlichen Spurensucher der Naturgeschichte am 19. und 20. April, ab 14 Uhr, im Institut für Geologie und Paläontologie, Leibnizstraße 10, Hörsaal, Clausthal-Zellerfeld, zu einem Workshop ein, welches die Geologie des Harzes und seines Umlandes in den Mittelpunkt stellt. Besonderes Anliegen des Treffens war es, den Stand der Forschung und die fachübergreifende Information und Kooperation zwischen den Geowissenschaftlern zu fördern und somit zur Koordinierung und Anregung neuer Forschungsarbeiten beizutragen.

Weitere Informationen:

Dr. Hans Joachim Franzke

Institut für Geologie und Paläontologie

TU Clausthal

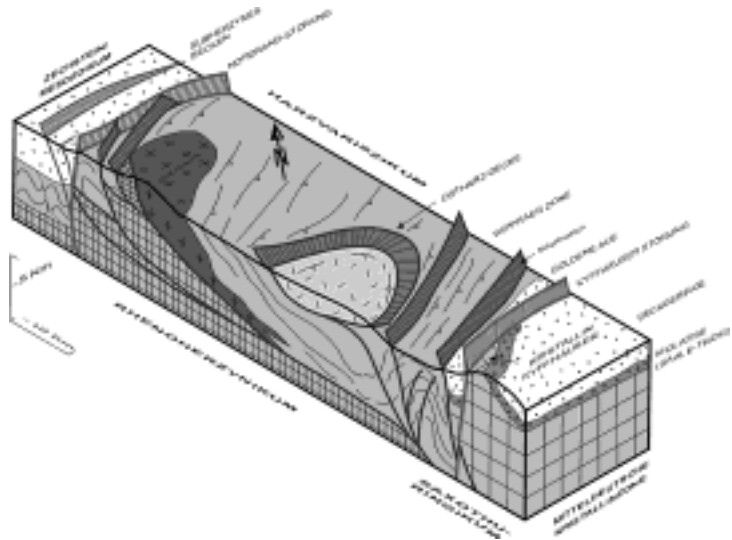
Leibnizstr. 10

38678 Clausthal-Zellerfeld

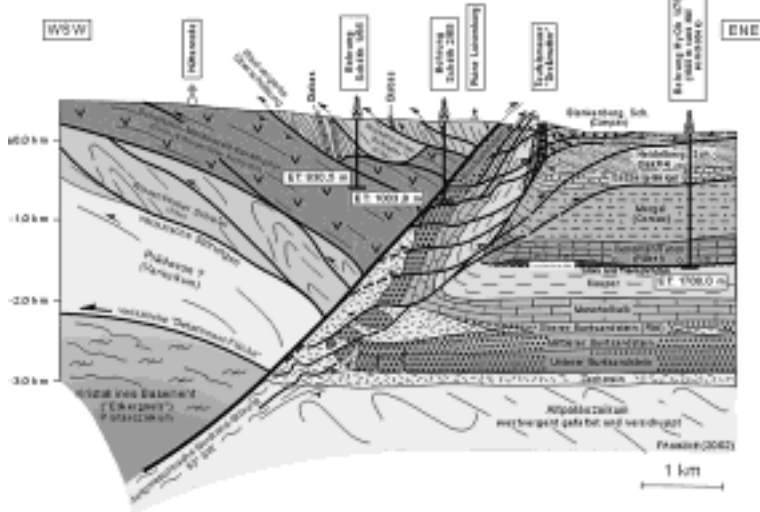
Tel. 05323 72-2369

Fax: 05323 72-3677

E-Mail: franzke@geologie.tu-clausthal.de



Blockbild durch die paläozoische Schichtfolge des Harzes (Rhenoharzynische Zone) und den Randbereich der Saxothuringischen Zone, die am Kyffhäuser in einem kleinen Anschnitt zutage tritt. Darstellung: Dr. Franzke



Querschnitt durch den nördlichen Harzrand mit der gehobenen Blockeinheit des Harzes im SW, der Harznordrandstörung im Zentrum und dem nördlich vorgelagerten Subherzynen Becken. Der Versatz in Einfallsrichtung der Nordrandstörung beträgt mind. 4,5 km. Darstellung: Dr. Franzke

In zehn Jahren könnten künstliche Hüftgelenke doppelt solange halten

Künstliche Hüftgelenksköpfe werden heute entweder aus Edeltählen, Cobalt-Chrom-Legierungen, oder Aluminiumoxidkeramiken hergestellt. Durch den Kontakt mit Körperflüssigkeit und Gewebe korrodieren Metalle jedoch, was die Lebensdauer eines solchen Hüftgelenks auf etwa fünf bis zehn Jahre begrenzt. Die Folge ist eine erneute, schmerzhaft Operation für den Patienten. Der Chrom- und Nickelanteil einiger Legierungen steht im Verdacht allergische Reaktionen des menschlichen Körpers auszulösen. Aluminiumoxid besitzt den Vorteil, nicht giftig und sehr abriebfest zu sein. Die Keramik ist aber z. B. bei einem Sturz des Patienten bruchgefährdet, und sie ist teuer. Eine ideale Lösung wäre eine (preiswertere) Metallkugel als Kern mit einer Aluminiumoxidschicht als „Haut“. Eine ganze Reihe von Versuchen, eine solche keramische Beschichtung auf eine Metallkugel aufzubringen, sind

bisher unbefriedigend verlaufen. Immer wieder gab es Probleme mit der Haftung oder der Porosität der Keramikschicht. Jetzt ist ein europäisches Forschungskonsortium auf einem vielversprechenden Weg.

Professor Dr.-Ing. Günter Borchardt vom Institut für Metallurgie und sein Mitarbeiter Dipl. Phys. Gernot Strehl oxidieren einen Hochtemperaturwerkstoff, eine Eisen-Chrom-Aluminiumlegierung (Fe-20Cr-5Al). Bei hohen Temperaturen, aber noch unterhalb der Rekristallisationstemperatur bildet der Werkstoff selbst die Aluminiumoxidschicht aus. Derart gefertigt, gibt es keine Haftungsprobleme zwischen Metall und Keramik. Die so hergestellte Oxidschicht ist dick genug, um als chemische Barriere zwischen dem Metall und der Körperflüssigkeiten zu wirken, und sie ist unter den simulierten Belastungen des Einsatzes im Körper so abriebfest, dass eine Lebensdauer von

zehn bis zwanzig Jahren prognostiziert wird.

„Die einzig offene Frage ist die Oberflächenbeschaffenheit, denn es bilden sich Nadeln auf der Korundschicht, die im Gegenstück, der Hüftgelenksschale aus Polyethylen, zu Schäden führen würden. Durch eine geeignete Führung des Oxidationsprozesses wollen wir diese Nadelbildung unterdrücken“, erklärt Dipl. Phys. Gernot Strehl.

Die europäischen Projektpartner sind das spanische materialwissenschaftliche Forschungslaboratorium CENIM in Madrid, das Unternehmen Surgival in Valencia, das Unternehmen Plansee im österreichischen Reutte, das Biomechanische Institut (IBV) ebenfalls in Valencia, das europäische Forschungszentrum JRC in Ispra und das italienische Orthopädie-Institut (IOR) in Bologna..

Weitere Informationen:

Dipl. Phys. Gernot Strehl

Thermochemie und Mikrokinetik

Prof. Dr.-Ing. G. Borchardt

Technische Universität Clausthal

Robert-Koch-Straße 42

38 678 Clausthal-Zellerfeld

+49 (0)5323 72 2094

+49 (0)5323 72 3184

eMail: gernot.strehl@tu-clausthal.de

Weitere Informationen finden Sie im WWW: [http://www.imet.tu-clausthal.de/agbor/users/gstrehl/](http://www.imet.tu-clausthal.de/agbor/users/gstrehl/fach.html)

fach.html



Leichtbau durch innovativen Werkstoffeinsatz

Zu seinem dritten Industriekolloquium lud der Sonderforschungsbereich 362 - Fertigen in Feinblech „Leichtbau durch innovativen Werkstoffeinsatz - Werkstoffe - Fertigung - Prüfung“ am 6. und 7. Februar in die Aula der Universität ein. Das Dritte Industriekolloquium des SFB 362 „Fertigen in Feinblech“ bot den Teilnehmern aus Industrie und Forschung eine Plattform, gemeinsam Schwerpunkte und Innovationen aus dem Bereich des Leichtbaus zu diskutieren.

Der SFB 362 „Fertigen in Feinblech“ an der TU Clausthal und der Universität Hannover stellt eine enge Partnerschaft zwischen der werkstoffbezogenen sowie der markt- und produktgerichteten Forschung dar. Durch die Zusammensetzung des SFB 362 ist eine interdisziplinäre Betrachtung werkstoff-, prozess- und

messtechnischer, mathematischer, konstruktiver und wirtschaftlicher Aspekte gegeben. Die drei Projektbereiche umfassen hierbei Werkstoffreaktionen und Stofffluss beim Umformen und Fügen, Ermittlung optimaler Prozessabläufe beim Fertigen in Feinblech und Feinblech- und Bauteileigenschaften.

Leichtbau bringt Vorteile, wo Energieeinsparung und Gewichtsreduzierung bei bewegten Massen erzielt werden kann. Leichtbau bietet dabei Chancen zur Produktinnovation und wird im wesentlichen durch einige grundlegende Ansätze charakterisiert. Der klassische Leichtbauansatz sieht die Verwendung von leichten und hochfesten Werkstoffen vor. Andere Ansätze bevorzugen die Realisierung problemangepaßter Strukturen, eine genaue Erfassung des Belastungs- und Beanspruchungszustandes sowie beanspruchungsopti-

mierte Dimensionierung. Eine optimale Produktgestaltung erreicht man jedoch nur durch Kombination solcher Maßnahmen. Leichtbau muss daher in seiner Gesamtheit und unter Berücksichtigung werkstofftechnischer, gestalterischer und fertigungstechnischer Gesichtspunkte untersucht werden. Nur so kann das vorhandene Leichtbaupotential effizient ausgeschöpft werden.

*Weitere Informationen:
Institut für Schweißtechnik und Trennende
Fertigungsverfahren (ISAF)
Dipl.-Ing. Matthias Busch
Agricolastraße 2
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel. 0 5323 72-3194
Fax: 0 5323 72-2664
e-Mail: Matthias.Busch@isaf.tu-clausthal.de*

Präzise Ortung und Navigation im Zentimeterbereich

Systeme zur Positionserkennung gewinnen zunehmend an Bedeutung für Steuerungs- und Überwachungsvorgänge. Je nach Anwendung sind hierbei sehr hohe Präzision- und Messwiederholrate gefordert, was das Institut für Elektrische Informationstechnik der TU Clausthal in Kooperation mit der Siemens AG in München veranlasst hat, ein neuartiges System für kommerzielle Anwendungen zu entwickeln. Die präzise dreidimensionale Positionserkennung im Zentimeterbereich basiert auf Hochfrequenz (HF)- FMCW-Radar (Frequency Modulated Continuous Wave) und einen aktiven Transponder.

Berührungslose Positionserkennungssysteme in vergleichbarer Präzision sind auf dem Markt bislang nicht verfügbar. Sie stellen ein Novum für exakte Navigation in Räumen, Hallen oder maschinellen Anlagen dar. Ein Prototyp ist bereits vorhanden und erfolgreich getestet worden. Dieses System entspricht quasi einem autarken GPS im kleinen Maßstab mit höherer örtlicher Genauigkeit sowie hoher Messrate (Echtzeitfähigkeit) und zusätzlichen Möglichkeiten zur Datenübertragung. Ein derartiges System bietet zahlreiche Einsatzmöglichkeiten, zum Beispiel:

- Robotersteuerung/-regelung durch Messung der räumlichen Position, zum Beispiel eines Armes
- Computer-Augmented-Reality
- „Virtuelle Maus“, der Vektor eines Zeigestocks und somit seine Richtung wird bestimmt; einsetzbar auf Messen zur Auswahl auf großen Informationsleinwänden
- Überwachung von Personen oder Objekten in sicherheitsrelevanten Bereichen

- Untersuchung der Lauf- oder Flugbahn bewegter Zielobjekte mit gleichzeitiger Bestimmung ihrer Geschwindigkeit durch den Doppler-Effekt

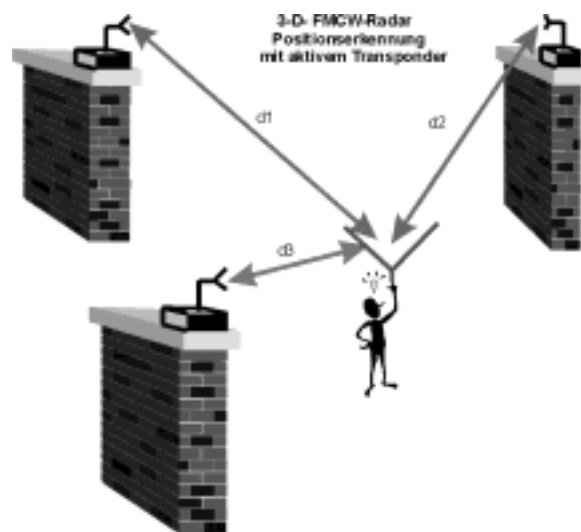
Das System besteht aus mindestens drei Hochfrequenz-Sende- und Empfangsstationen, die bekannte räumliche Koordinaten besitzen. Sie befinden sich beispielsweise in der zu überwachenden Halle. Zusätzlich gibt es einen aktiven, am Zielobjekt befestigten Transponder. Dessen Koordinaten gilt es zu bestimmen.

Die Positionserkennung basiert auf dem Radarprinzip. Dabei wird ein HF-Signal ausgesandt, vom aktiven Transponder empfangen, verstärkt, moduliert, reflektiert und schließlich in der Basisstation mit dem ursprünglich ausgesandten Signal gemischt.

Nach dem Mischvorgang erhält man ein Spektrum mit zwei Spektrallinien, deren gegenseitiger Abstand proportional zur Entfernung zwischen Basisstation und Transponder ist. Durch Messung der Entfernung durch mindestens drei solcher Sende-Empfangs-Stationen lässt sich über ein mathematisches Verfahren die exakte Position des mit dem Transponder verbundenen Objektes im Raum berechnen.

WEITERE INFORMATIONEN:

Institut für Elektrische Informationstechnik,
Leibnizstraße 28, 38678 Clausthal-Zellerfeld
Kooperationspartner: Siemens AG München



Schema einer 3-D-Positionserkennung

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Leif Wiebking

Tel.: (089) 63653549

Fax: (089) 63643702

E-Mail:

Leif.Wiebking.external@mchp.siemens.de

Dr. Leonhard Reindl

Tel.: (05323) 722582

Fax: (05323) 723197

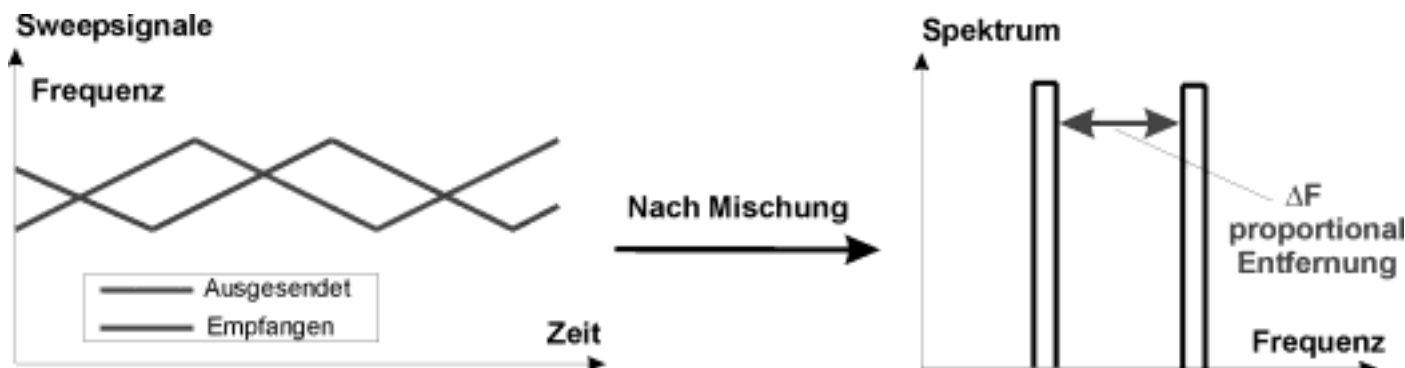
E-Mail: Reindl@iei.tu-clausthal.de

Erläuterungen:

HF: Hohe Frequenzen, bei denen sich die Wellenlänge in der Größenordnung der Schaltungsabmessungen befindet (eigentliche Definition), in der Praxis meist Frequenzen im Gigahertz-Bereich.

FMCW-Radar: Radar, dessen Frequenz periodisch verändert wird.

Sweeping: Signal, dessen Frequenz in einem bestimmten Bereich periodisch durchgestimmt wird.



FMCW-Prinzip zur Entfernungsmessung

Mit EPOS zu optimierter Produktion

Für die Planung und Steuerung ihrer Produktion setzen viele Unternehmen computergestützte Planungsverfahren ein, wie SAP/R3, SAP APO oder i2. Auch wenn diese Systeme inzwischen Tausende von Aufträgen gleichzeitig berücksichtigen können, besitzen sie oft nicht die Funktionalität der am Prozess gewachsenen Individuallösungen bzw. beruhen auf Annahmen, die in der betreffenden Produktionsumgebung nicht erfüllt sind. Insbesondere können die klassischen Systeme zufällige Störungen und Prozessschwankungen nur vage abbilden.

Abhilfe leistet hier EPOS (Enterprise Production Planning and Optimization System) auf der diesjährigen Hannover Messe vom 15.–20.

April wurde EPOS in der Halle 18, 1. OG, Stand O03, am Gemeinschaftsstand Niedersachsen vorgestellt.

Im EPOS-System werden die Zufallseinflüsse der Produktion als (mit-)steuernde Faktoren der Produktion berücksichtigt und deren Auswirkungen auf Durchlaufzeiten, Bestände und Kosten berechnet. EPOS basiert auf Formeln der mathematischen Warteschlangentheorie und zielt mit seinem Ansatz besonders auf Fließ- und Massenfertigung ab. Für die Erfassung der Parameter und für die Verteilung der Ergebnisse im firmeneigenen Intranet werden Datenbankkonzepte, offene Standards und Internet-Technologien verwendet. Bereits vor-

handene Betriebsdatenerfassungssysteme und Datenbanken können in EPOS eingebunden werden.

EPOS hat seine Vorzüge gegenüber konventioneller Simulations-Software bereits bei der IBM in Mainz und bei dem saarländischen Stahlwerk der Dillinger Hütte unter Beweis gestellt. Die Clausthaler Mathematiker bieten interessierten Unternehmen Beratung mit Hilfe von EPOS an.

EPOS ist ein Gemeinschaftsprojekt der Arbeitsgruppe um Professor Dr. Thomas Hanschke am Institut für Mathematik der TU Clausthal und der IBM Deutschland Speichersysteme GmbH, Mainz.

Kontakt:

Technische Universität Clausthal

Institut für Mathematik

Prof. Dr. Thomas Hanschke

Erzstr. 1, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Tel.: (0 53 23) 72-25 67, Fax: (0 53 23) 72-23 04

eMail: hanschke@integrierte-simulation.de

Die Rapid Tooling Verfahrenskette – Know-how wurde auf der Hannover-Messe 2002 präsentiert

Das Institut für Maschinenwesen der TU Clausthal stellte auf der diesjährigen Hannover-Messe, 15. - 20. April, Halle 18, 1. OG, Stand O03, Gemeinschaftsstand Niedersachsen, seine Expertise auf dem Gebiet der „Rapid Tooling Verfahrenskette“ interessierten Firmen vor.

Am Institut für Maschinenwesen wurden zahlreiche Untersuchungen zur Herstellung von Formen durch direktes Lasersintern vorgenommen. Dies bezieht sich zum einen auf Kavitäten für den Gummi- und Kunststoffspritzguss, zum anderen auf Formen für Faserverbundkonstruktionen. In zunehmendem Maße werden aber auch Funktionsteile und Elektroden für das funkenerosive Abtragen hergestellt. Das Institut bietet interessierten Firmen aus der Industrie neben Schulungs- und Beratungstätigkeiten die Konstruktion und die Fertigung von lasergesinterten Bauteilen auf der institutseigenen Rapid Tooling Anlage an und steht gerne für Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten zur Verfügung.

Unter Rapid Tooling wird die Herstellung von Werkzeugen - überwiegend das Lasersintern von Formen - mit den Methoden des Rapid Prototyping verstanden. Rapid Prototyping umfasst dabei als Oberbegriff alle Herstellungsverfahren, die es ermöglichen, generativ Bauteile direkt aus 3D-CAD-Daten zu erzeugen. Die Qualität und das Einsatzspektrum der gesinterten Produkte wird dabei nicht nur vom eigentlichen Bauprozess, sondern von der gesamten Rapid Tooling Verfahrenskette bestimmt.

Die Verfahrenskette setzt sich aus folgenden Schritten zusammen: Zu Beginn steht die CAD-Konstruktion des zu sinternden Bauteils. Hierbei sind diverse konstruktive Besonderheiten für eine Rapid Tooling gerechte Gestaltung der Produkte zu beachten, um die Vorteile des Lasersinterns in seiner Gesamtheit nutzen zu können und den Nachbearbeitungsaufwand zu minimieren. Im nächsten Schritt müssen die CAD-Daten für den Bauprozess aufbereitet werden. Hierzu gehört das Erzeugen der Schichtinformationen und die Zu-

ordnung der geeigneten Belichtungsparameter und -strategien in Abhängigkeit von den gewünschten Bauteileigenschaften. Die so erzeugten Daten werden dann zur Rapid Tooling Anlage übertragen, in der das Bauteil durch schichtweises Aufschmelzen eines Metallpulverbettes entsteht. Durch dieses schichtweise Generieren ist es möglich, sehr komplexe Geometrien innerhalb kürzester Zeit herzustellen. Zur Verbesserung der Oberflächenqualität und der Festigkeit werden die Bauteile noch infiltriert und sandgestrahlt.

Weitere Informationen:

*Institut für Maschinenwesen
Prof. Dr.-Ing. Norbert Müller
Robert-Koch-Str. 32*

38678 Clausthal-Zellerfeld

Tel. (05323) 72-2271

Fax: (05323) 72-3651

eMail: mueller@imw.tu-clausthal.de

Internet: www.imw.tu-clausthal.de

Neue Bilddatenbank mit gezielter Bildausschnittsuche wurde auf der CeBIT präsentiert

Eine Suche nach einzelnen Objekten in Bildern ist mit herkömmlichen Bilddatenbanken nicht ohne weiteres möglich. Professor Dr. Gerhard Joubert, Institut für Informatik der TU Clausthal, und Professor Dr. Odej Kao, bis zum Sommersemester gleichfalls am clausthaler Institut für Informatik, jetzt Professor an der Universität Paderborn, stellen auf der CeBIT 2002 vom 13. - 20. März in der Halle 18 am Gemeinschaftsstand niedersächsischer Hochschulen ihre Entwicklung, die Bilddatenbank CAIRO vor, die genau das kann: Der Benutzer markiert in einem Bild den Ausschnitt,

welcher in den anderen Bildern gesucht werden soll. Das System liefert den gewünschten bzw. einen ähnlichen Ausschnitt in einem anderen Kontext, beispielsweise genau diese eine Person, einmal am Steuer eines Autos, einmal als Bergsteiger, einmal am Strand.

Eine solche Abfrage übersteigt die Leistungsfähigkeit traditioneller Datenbankarchitekturen erheblich. Hierfür müssen parallele Rechnerarchitekturen eingesetzt werden. Rechner-Cluster weisen nahezu lineare Beschleunigungswerte auf, eine Verdopplung der Rechneranzahl halbiert die

zur Bearbeitung der Anfrage notwendige Rechenzeit. Als Plattform für die Bilddatenbank wurde eine spezielle Clusterarchitektur entwickelt.

Weitere Informationen:

Prof. Dr. Odej Kao

Institut für Informatik, Universität Paderborn

Fürstenallee 11, F2.101

33102 Paderborn,

Tel.: 0 5251 60-6620/60-6610

Fax: 0 5251 60 6619

e-Mail: okao@uni-paderborn.de

Institut für Informatik, TU Clausthal

Professor Dr. Gerhard R. Joubert

Julius Albert Str. 4

38678 Clausthal-Zellerfeld

Tel.: 0 5323-727141, Fax.: 0 5323-727149

e-Mail: joubert@informatik.tu-clausthal.de

Einsatz von Naturfasern in der Faserspritztechnik

Auf der diesjährigen Hannover Messe vom 15.–12. April 2002 stellten Professor Dr.-Ing. Gerhard Ziegmann und seine wissenschaftlichen Mitarbeiter, Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik, ihr neues Verfahren zum Einsatz von Naturfasern in der Faserspritztechnik vor. Die Faserspritztechnik ermöglicht für großflächige Bauteile in der Kunststoffverarbeitung eine kostenminimale Verarbeitung von Fasern und duromeren Matrixsystemen (Harze). Glasfasern (Roving) stellen die vorwiegend eingesetzte Verstärkungsfasern in der Verbundbauweise dar, die in einer Schneideinheit gebrochen, einem Harzstrahl zugeführt und auf einem Formwerkzeug abgelegt werden. Die Applikation erfolgt schichtweise und muss mittels Andruckwalzen manuell entlüftet werden. Obwohl diese Verarbeitungstechnik schon seit Jahren bekannt ist, besitzt dieses Ver-

fahren im Vergleich der unterschiedlichen Faser-verbundtechniken auch noch heute einen beachtlichen Marktanteil (ca. 10% nach AVK-TV).

Die Naturfasern erfahren innerhalb der Kunststoffverarbeitung, vor allem in der Automobilindustrie, aufgrund ihrer geringen Dichte, den physikalischen Eigenschaften aber auch dem niedrigen Rohstoffpreis eine hohe Nachfrage. Im Gegensatz zur Glasfaser besitzen Naturfasern bereits eine endliche Länge und müssen zur Herstellung eines kontinuierlichen Faserbandes textildesign-technisch aufbereitet werden. Mittels einer Karde werden die Naturfasern orientiert und nahezu parallel zu einem Faserband abgelegt.

Das Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik möchte das textile Zwischenprodukt „Faserband“ als Halbzeug in der Faserspritztechnik einsetzen. Aufgrund der geringen Biegestei-

figkeit der Naturfaser ist jedoch eine einfache Adaption des Schneidsystems wie beim Glasroving nicht möglich. Anstelle des Schneidprozesses wird über ein Verstreckvorgang das Faserband durch ein mechanisch-aerodynamisches Kombinationssystem vereinzelt und nachfolgend dem Harzstrahl zugeführt.

Kontakt:

*Institut für Polymerwerkstoffe
und Kunststofftechnik*

Prof. Dr.-Ing. G. Ziegmann

Agricolastr. 6

38678 Clausthal-Zellerfeld

Tel.: (0 53 23) 72-20 80

Fax: (0 53 23) 72-2324

e-Mail: ziegmann@puk.tu-clausthal.de

Internet: www.puk.tu-clausthal.de



VDI-Fachausschuss „Digitale Fabrik“ gegründet


Der Verein deutscher Ingenieure (VDI) gründete am 31. Januar in Clausthal einen Fachausschuss zum Thema „Digitale Fabrik“. Er ist in die VDI-Gesellschaft FML, (Fördertechnik, Materialfluss, Logistik) integriert. Zum Vorsitzenden wurde Professor Dr.-Ing. Uwe Bracht vom Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit (IMAB), Bereich Anlagenprojektierung und Materialflusslogistik, der TU Clausthal gewählt.

Professor Bracht und seine Mitarbeiter entwickelten in den vergangenen Jahren eine, in ihrer Größendimension einzigartige, VR-Großbildprojektionsanlage zur Simulation von Fabrikanlagen und setzten diese zusammen mit dem Build-It Planungstisch in zahlreichen Entwicklungsaufträgen für die Industrie erfolgreich ein.

Der Arbeitskreis, dem hochkarätige Teilnehmer aus den Bereichen Fabrik- und Logistikplanung,

Digitale Fabrik, Simulation und Visualisierung angehören, soll eine Richtlinie erstellen, die u.a. Hinweise gibt:

- was unter dem Begriff „Digitale Fabrik“ zu verstehen ist, welche Entwicklungsvorhaben im Bereich der Schnittstellenproblematik verfolgt werden sollten und
- wie die Vorgehensweise zur praktischen Einführung dieses Gesamtkonzeptes erfolgreich gestaltet werden kann

Die Richtlinie soll gerade auch für mittelständische Unternehmen anwendbar und hilfreich sein. An einer Mitarbeit in diesem Fachausschuss interessierte Fachleute können sich gerne beim o.a. Institut melden. 

Mit dem Neurosimulator „FAUN“ wird ein Raumgleiter optimiert landen

Wenn in Zukunft Raumgleiter auf optimierten Bahnen im Ziel landen, Industrieroboter ihre Lasten intelligenter, ohne unnötigen gelenkbelastenden Kräfteeinsatz von A nach B befördern, Autofahrer einem Geisterfahrer, von einem intelligenten System unterstützt, schneller ausweichen, oder Abwehrraketen eine feindliche, ballistische Rakete mit höherer Trefferquote zerstören, dann wird das, unter anderem, Professor Dr. Michael Breitner, bis zum Sommersemester 2002 Fachbereich Mathematik und Informatik der TU Clausthal, jetzt Universität Hannover, zuzuschreiben sein.

In den vergangenen zehn Jahren, von der Di-

plomarbeit bis zur Habilitation, befasste sich Dr. Breitner mit der Steuerung von Systemen deren Verhalten nur ungefähr bekannt ist.

„Ein Raumgleiter muss bei seinem Wiedereintritt in die Erdatmosphäre von einer Geschwindigkeit von rund 29.000 Kilometer pro Stunde auf 200-300 Kilometer pro Stunde abgebremst werden, und dies allein, wie bei einem Segelflugzeug, durch den Luftwiderstand der dünnen, und zunehmend dichter werdenden Erdatmosphäre. Nun kennt man aber nicht die Dichte exakt, folglich trudelt mit den bisher eingesetzten Steuerungssystemen der Raumgleiter um die optimale Bahnkurve herum, gleich einem Wellenreiter auf dem Meer“, erklärt Dr. Breitner.

Deshalb entwickelte Dr. Breitner eine Echtzeit-Steuerung, die bei einer Abweichung von der ursprünglich angenommenen Luftdichte nicht mit den bislang unvermeidlichen Überschwüngen versucht, auf die alte, zuerst angestrebte Bahnkurve zurückzukommen, sondern von dem neuen Bahnpunkt den Weg fast optimal und

damit glatter ins Ziel findet.

Die Steuerung wird mit dem, von ihm entwickelten Neurosimulator FAUN (Fast approximation with universal neural networks) trainiert, was CPU-Tage oder auch -Wochen dauern kann. Die trainierte Steuerung kann dann aber selbst vom sehr langsamen Bordrechner des Raumgleiters in Sekundenbruchteilen ausgewertet werden.

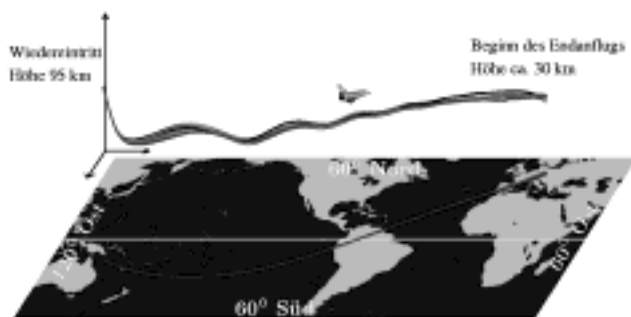
„Die glattere Bahnkurve bewirkt, dass die Aufheizung an der Unterseite des Raumgleiters von bis zu 1700 Grad Celsius auf unter 1200 Grad Celsius sinkt. Die gleichmäßigere Aufheizung ist zudem materialschonender“, erläutert Dr. Breitner. Die Nutzlast kann erhöht werden, da der Hitzeschild für geringere Belastungen ausgelegt werden kann.

„Die mathematische Theorie, die hinter all dem steckt, lässt sich auf viele andere Fragestellungen anwenden. Ein Industrieroboter, der eine Fensterscheibe greifen soll, muss bei leichteren oder schwereren Fensterscheiben andere, optimierte Bahnen fahren. Damit dies in Bruchteilen von Sekunden möglich ist, müssen einem neuronalen Netz tausende möglicher Bahnkurven antrainiert werden. Das trainierte Netz als Steuerung vergleicht Soll- mit Istwerten und sucht, ist der Roboter einmal von der Sollbahn abgekommen, vom neuen Startpunkt aus einen optimierten Weg“, erklärt Dr. Breitner eine mögliche Anwendung.

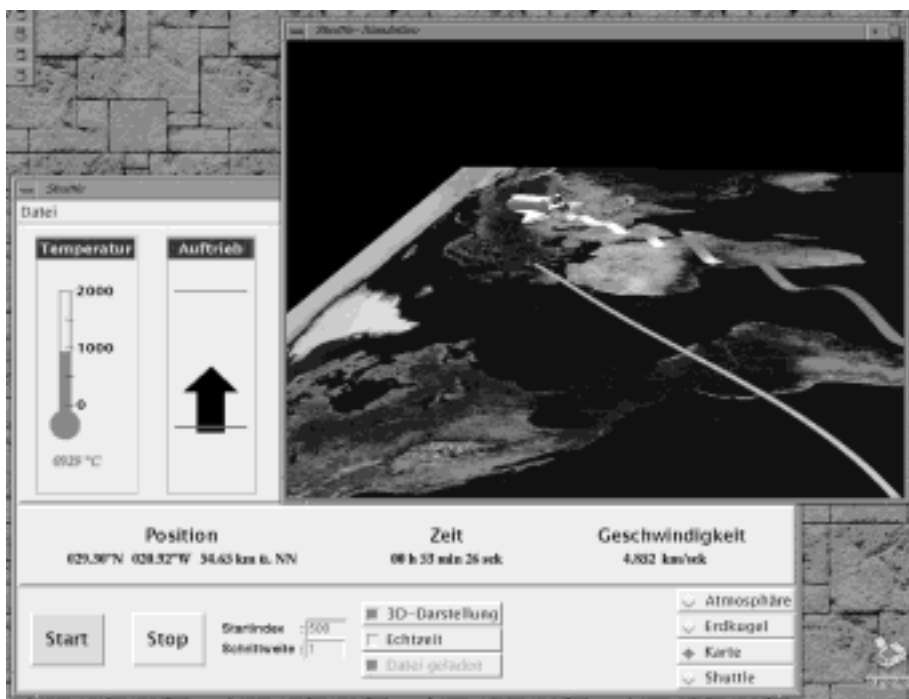
„Die USA haben ihr Projekt eines Schutzschildes gegen angreifende Raketen, früher SDI genannt, wiederaufgenommen. Die nächste Generation ballistischer Atomraketen wird in wenigen Jahren mit kleinen Steuerflügeln trudelnde Täuschungsmanöver ausführen. Das ist im Kern die gleiche Aufgabe“, sagt Dr. Breitner: „Finde von dem schlingenden Kurs die zugehörige Bahnkurve und lenke die Abwehr Rakete mit möglichst hoher Wahrscheinlichkeit in ihr Ziel!“

Gemeinsam mit der Siemens AG und Professor Dr. Hans-Josef Pesch, jetzt Universität Bayreuth, hält Dr. Breitner ein 1998 erteiltes Patent auf die mathematische Modellierung eines Systems, mit dem ein Autofahrer einem ankommenden Geisterfahrer ausweichen kann. Die Realisierbarkeit eines solchen Systems wies deren beider Doktorand Rainer Lachner in seiner Promotion im Jahr 1997 durch Computersimulationen nach.

Nun verließ Privatdozent Dr. Breitner die TU Clausthal und trat zum Sommersemester 2002 eine vorläufige Parallelprofessur am Institut für Wirtschaftsinformatik der Universität Hannover an. Denn FAUN kann nicht nur Raumgleiter und Industrieroboter steuern, Autofahrer vor Falschfahren bewahren, oder ein Schutzschild vor angreifenden Atomraketen entwickeln, sondern auch zur Zinsprognose oder zur Berechnung marktgerechter Optionspreise verwendet werden. Werden die neuronalen Netze "nur" mit genügend Erfahrungswissen „gefüttert“, wissen sie für (fast) jede zitternde Bahnkurve, sei es ein Aktienkurs oder schlingender Raumgleiter, welches Verhalten optimal ist.



Zehn simulierte Flugbahnen des Space Shuttles zu verschiedenen Luftdichteschwankungen mit dem neuartigen, robust optimalen Lenkgesetz.



Flugsimulator für das Space Shuttle mit interaktivem Kontrollfenster und wählbarem Grafikfenster. Berechnung des Lenkgesetzes, Flugsimulation und Graphikausgabe laufen verteilt auf drei verschiedenen Rechnern.

Japanische Forschungsgemeinschaft lud Dr. Reindl zu einwöchiger Forschungsreise ein

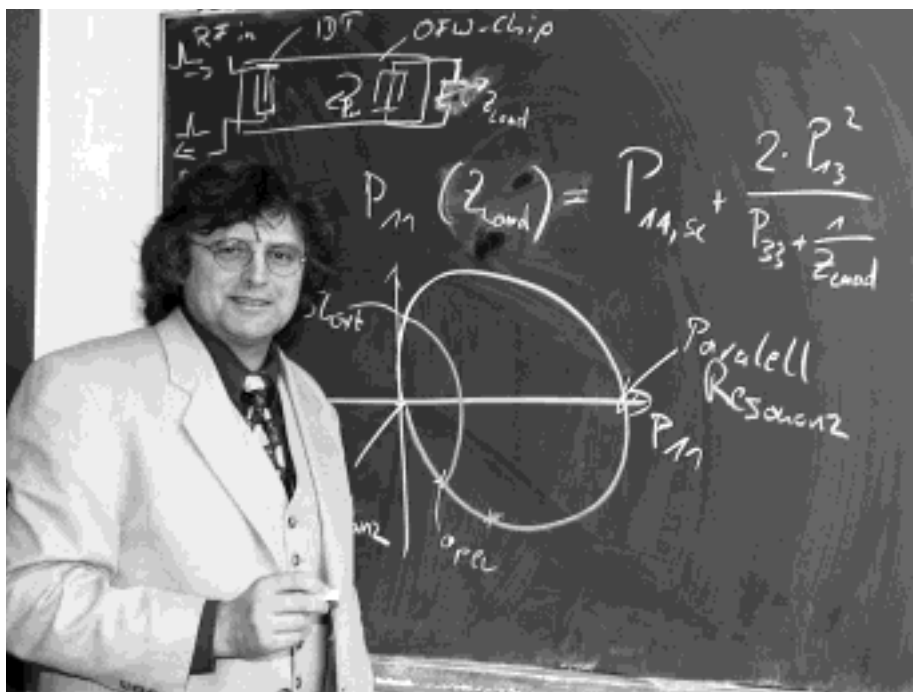
Fünf ausländische Forscher hatte die Japanische Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften zur Internationalen Konferenz über neue piezoelektrische Materialien und hochwertige akustische Filter vom 28.-29. Januar in Tokyo eingeladen; vier Amerikaner, ein Europäer. Der Europäer ist Dr. techn. Leo Reindl vom Institut für Elektrische Informationstechnik. Die Einladung kam nicht von ungefähr, die Entwicklung passiver und zugleich funkauslesbarer Sensoren stammt von ihm. In rd. dreißig Patenten und über hundert Veröffentlichungen hat er seine Forschungsergebnisse niedergelegt, die er in den letzten zehn Jahren, beginnend in seiner Zeit bei Siemens in München, gewonnen hat. Worum handelt es sich?

Ein Radargerät sendet eine Funkwelle aus. Diese wird von einer Antenne empfangen und an einen piezoelektrischen Einkristall weitergeleitet. Dort werden die elektrischen Signale mit Hilfe sogenannter Interdigitalwandler in eine akustische Schallwelle umgewandelt. Diese Mini-Erdbebenwelle wandert durch den Einkristall und wird dabei an metallischen Linien, die in charakteristischem Abstand hintereinander angeordnet sind, reflektiert und vom Wandler und der Antenne in elektrische Signale umgewandelt und an das Funkgerät zurückgesendet.

Ändert sich in dem Einkristall die Temperatur, oder wird er z.B. verbogen, so ändert sich die Geschwindigkeit, mit der die Schallwellen durch den Chip hindurchwandern. Folglich ändert sich der zeitliche Abstand zwischen den Reflexionssignalen. Jeder Sensor ist durch das individuelle Muster der metallischen Linien identifizierbar und kann somit - und dies ohne Kabelverbindung und Batterie als Temperatur-, Druck-, oder Kraftsensor an einem entfernten Ort dienen. Per Funk wird seine Information ausgelesen.

„Der Clou unserer Patente war, dass wir die Funk- und Radartechnik mit den bekannten piezoelektrischen Hochfrequenzfiltern, wie sie heute in jeder Fernbedienung, in jedem Handy oder auch jedem Fernseher eingesetzt werden, kombiniert und dafür neue Anwendungsfelder eröffnet haben“, erläutert Dr. Reindl.

So arbeitet er u.a. in einem kürzlich bewilligten DFG-Projekt daran, einen Sensor zu entwickeln, der bei Temperaturen bis 1000 Grad Celsius eingesetzt werden kann. Wird ein ähnlicher Funksensor in einen Reifen eingebaut, so kann dieser möglicherweise den Reibbeiwert des Reifens während der Fahrt ermitteln und damit den Fahrer warnen: „Pass auf, du bist jetzt auf nasser Fahrbahn!“ Und dies sind nur zwei von vielen weiteren möglichen Anwendungsfeldern, für die Dr. Reindl zur Zeit seine Partner in Industrie und Wissenschaft sucht und findet.

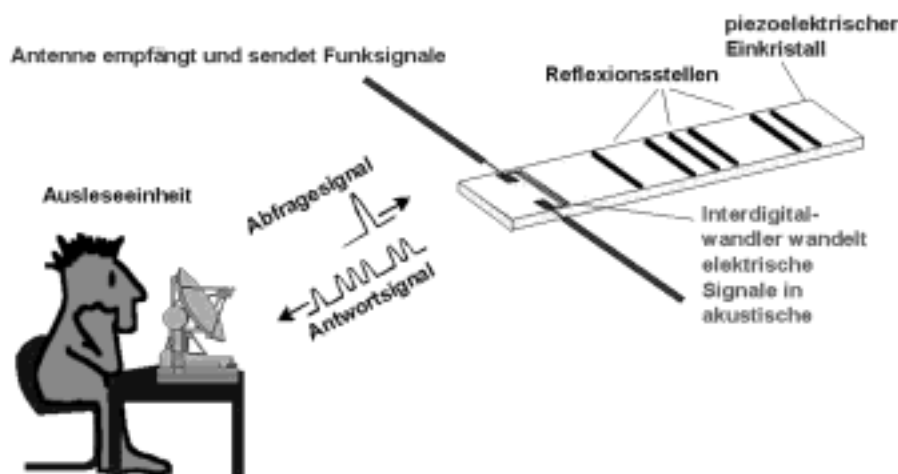


Dr. techn. Leo Reindl

In Japan hielt Dr. Reindl drei Übersichtsvorträge zu dieser Thematik, besuchte mehrere Universitäten und High-Tech Unternehmen und bereitete weitere Kooperationen vor.

„Auf dem Gebiet der piezoelektrischen Materia-

lien und akustischen Filter arbeiten in Japan so viele Forschergruppen, wie in Europa und Nordamerika zusammengenommen. Die Kreativität und die Vielfalt der Forschungsrichtungen haben mich tief beeindruckt“, sagt Dr. Reindl.



Die Prinzipskizze des Hochleistungssensors

Warum wir eine Ethik der Technik brauchen

Von Christian Berg

Schon immer hat gegolten, daß der Mensch nicht alles darf, was er kann. Das gilt auch unabhängig von Technik, denn man kann seinen Nächsten auch mit bloßen Händen erschlagen. Seit den Anfängen menschlicher Kultur haben Moral und Sitte den Raum *möglicher* Handlungen zu dem Raum *möglicher und legitimer* Handlungen eingeschränkt. Moral erleichtert Entscheidungen über Handlungsabläufe und stellt Handlungsregeln bereit, die das Leben in den allermeisten Situationen erheblich vereinfachen. Selbstverständlich ist auch der Raum *möglicher*, durch *Technik* bewirkter Handlungen immer schon durch Moral eingeschränkt worden, und insofern ist das technische Handeln des Menschen auch immer schon Gegenstand der Ethik gewesen. Ethik hat nämlich, als Reflexionstheorie von Moral, „die jeweils herrschende Moral kritisch zu prüfen sowie Formen und Prinzipien rechten Handelns zu begründen“, wie der Tübinger Philosoph Ottfried Höffe sagt. Allerdings ist Technik eine kulturgeschichtlich lange Zeit nicht eigens Gegenstand der Ethik gewesen, weil sich das technische Handeln nicht wesentlich von dem Handeln ohne Technik unterschied. Ich möchte im folgenden erläutern, warum dies nach meiner Überzeugung heute anders ist und technisches Handeln durchaus in besonderer Weise der ethischen Reflexion bedarf und warum dies die ganze Gesellschaft, und nicht nur einige „Spezialisten“, herausfordert.

Die Technik als spezifische Herausforderung zu ethischer Reflexion

Die wichtigsten Gründe dafür, warum Technik heute ethisch zu reflektieren ist, lassen sich meines Erachtens in zwei Kategorien zusammenfassen. Kurz gesagt: Sie betreffen Subjekt und Objekt ethischer Reflexion. Subjekt ethischer Reflexion ist der Handelnde. Doch die Technik stellt uns heute vor das Problem, daß kaum noch ein Handelnder auszumachen ist – es stellt sich die Frage nach dem *Handlungssubjekt* und damit auch nach dem Subjekt ethischer Reflexion auf dieses Handeln. Zweitens

hat die Technik den Gegenstandsbereich, also das *Objekt* ethischer Reflexion (zum Teil qualitativ) verändert, z.B. indem sie unsere Handlungsmöglichkeiten erweitert hat.

ZUM SUBJEKT TECHNISCHEN HANDELNS

Ein Einwand gegen eine ethische Reflexion technischen Handelns könnte sein, daß man doch kaum von einem technischen *Handeln* sprechen könne. Denn Handeln sei, so könnte man argumentieren, doch immer an das leibliche Verhalten eines Menschen gebunden. Die meisten Wirkungen und Gefahren von Technik resultieren heute jedoch nicht aus dem *leiblichen Verhalten eines Menschen*, sondern aus der Summe einer Vielzahl von Verhaltensweisen vieler Menschen und Institutionen. Die Ausdifferenzierung der Gesellschaft, ihrer Arbeitsteiligkeit sowie die Interdependenz verschiedenster gesellschaftlicher Akteure implizieren, daß meist nicht einzelne Individuen, ja oft nicht einmal einzelne Institutionen oder Organisationen als diejenigen auszumachen sind, denen die Verursachung technischer Entwicklungen zuzuschreiben ist. Inwiefern ist es aber dann noch sinnvoll oder möglich, von einem technischen *Handeln* zu sprechen, wenn es doch gar kein Handlungssubjekt gibt?

Demgegenüber ist allerdings zu sagen, daß man ja durchaus Akteure benennen kann, die an technischen Entwicklungen, technischem Fortschritt oder dem Gebrauch von Technik beteiligt sind, wenngleich der genaue Beitrag, den sie jeweils leisten, und damit auch die genaue Zuschreibung von Verantwortung, schwierig sein mag. Einige Beispiele: Sicher ist hierbei an Industriekonzerne mit ihren Abteilungen für Forschung und Entwicklung zu denken, die die wissenschaftlichen Grundlagen von Technologien erforschen, neue Technologien entwickeln (bzw. alte verbessern) und zur Marktreife bringen und – zukünftig von wachsender Bedeutung – auch Strategien für die Entsorgung ihrer Produkte entwickeln. Es ist zu denken an die PR-Abteilungen derselben Konzerne oder externe Agenturen, die den „Puls der Zeit“ fühlen, ein Produkt- bzw. Firmenimage entwickeln

und an den Mann bringen. Es sind weiterhin die Verbraucherinnen und Verbraucher, die durch ihr Konsumverhalten die Industrieproduktion beeinflussen. Es ist die Politik, die wirtschaftliche und juristische Rahmenbedingungen festlegt und Infrastruktur bereitstellt. Es sind die Medien, die eine Voraussetzung für eine technisch, ökologisch und sozial informierte Öffentlichkeit sind, und deren Angebot sich in der Spannung von Bildungsauftrag und Konsumbefriedigung bewegt. Es sind Nichtregierungsorganisationen, die durch ihr Engagement Medien und Öffentlichkeit auf Mißstände aufmerksam machen, politischen und moralischen Druck erzeugen und dadurch immer wieder an technikrelevanten Entscheidungsprozessen beteiligt sind.

Das Zusammenspiel dieser und anderer Akteure führt zu Erforschung, Entwicklung und Gebrauch von Technologien, und selbst wenn eine direkte Zuweisung von Verursachung und Wirkung dabei nicht möglich ist – es ist nicht zu leugnen, daß jede der genannten Gruppen daran beteiligt ist.

Aus diesem Grund halte ich es für sinnvoll, den Handlungsbegriff nicht an das leibliche Verhalten eines Menschen, sondern an den Begriff der Person zu binden. Dann kann man nämlich ohne Schwierigkeit auch von einem kollektiven oder korporativen Handeln sprechen. Das Beispiel von juristischen Personen, was ja auch Institutionen und Organisationen sein können, verdeutlicht dies. Dazu paßt auch, daß der Begriff der Verantwortung ebenfalls nicht zwingend an Individuen gebunden ist, bezeichnet Verantwortung doch, wie Höffe sagt, „die Zuständigkeit von Personen für übernommene Aufgaben bzw. für das eigene Tun und Lassen (...) vor einer Instanz, die Rechenschaft fordert: z. B. vor einem Gericht, vor den Mitmenschen, auch vor dem Gewissen oder vor Gott“. Diese Definition von Verantwortung ist ohne weiteres auch auf Institutionen und Organisationen anwendbar.

Die Praxis scheint zu bestätigen, daß sich juristische Personen, z.B. Unternehmen, durchaus ihrer moralischen Verantwortung bewußt sein können. So zeugt die Beteiligung von Unternehmen am Stiftungsfond der deutschen Wirtschaft für die NS-Zwangsarbeiter von ihrer moralischen, nicht nur von ihrer juristischen Verantwortung. Denn viele der beteiligten Unternehmen wären juristisch gar nicht haftbar zu machen gewesen, weil sie erst nach dem Krieg entstanden sind und nicht in der Rechtsnachfolge früherer Unternehmen stehen. Daß manche Unternehmen sich des Eigennutzes wegen (Imagepflege) am Stiftungsfond beteiligt haben mögen, ändert nichts daran, daß ihnen moralische Verantwortung gesellschaftlich zugeschrieben wird, und daß daraus entsprechendes Handeln folgt.

ERWEITERTER GEGENSTANDSBEREICH ETHISCHER REFLEXION

Wenn Ethik „Formen und Prinzipien rechten Handelns zu begründen hat“, wie Höffe sagt, dann hat sich durch die Technik der Gegenstandsbereich ethischer Reflexion gegenüber früher erweitert. Denn erstens haben sich die menschlichen Handlungsmöglichkeiten durch Technik verändert, zum Teil sogar qualitativ. Zweitens sind die Handlungskonsequenzen – wiederum aus verschiedenen Gründen (z.B. Komplexität und Reichweite) – oft nicht abzusehen, was zu einem vermehrten Auftreten unerwünschter „Nebenfolgen“ führt. Drittens hat sich die Handlungssituation verändert, da wir systembedingt permanent gezwungen sind, unter der Unsicherheit zu handeln, möglicherweise anderen Menschen mit unserem Handeln zu schaden. Zudem hat sich auch unsere Sensibilität für problematische Zustände und Entwicklungen durch die Technik erhöht; denn verbesserte Nachweis- und Analysemethoden verändern das Problembewußtsein.

Veränderte Handlungsmöglichkeiten

Auf Grund des beständig zunehmenden Einflusses von Naturwissenschaft und Technik auf unsere Welt ist menschliches Handeln heute in den meisten Fällen zumindest mittelbar ein technisches Handeln. Der Handlungsradius des Menschen hat sich durch die Technik in einer solch gewaltigen Weise verändert, die möglichen Folgen mancher durch Technik ermöglichter Handlungen übersteigen in Raum und Zeit die vormodernen Gegebenheiten in einem solchen Maße, daß dieses Handeln eine neue Qualität bekommt. Durch das Fehlverhalten eines einzigen Menschen können Katastrophen wie Tankerhavarien oder Reaktorunfälle herbeigeführt werden, die auf Jahre und Jahrzehnte hinaus das Leben zahlloser Menschen, Tiere und Pflanzen gefährden. Die große Reichweite der Folgen und die oft enorme Zahl von Betroffenen führt zudem dazu, daß es oft keinerlei Beziehung mehr zwischen Verursacher und Betroffenen bzw. Leidtragendem gibt. Die Möglichkeiten heutiger Kriegsführung erfordern nur noch in seltenen Fällen einen Kampf „Mann gegen Mann“. In manchen Fällen wird der Gegner zum Kampfobjekt auf einem Display in einem weit entfernten Kommandozentrum, sodaß die Differenz zwischen Realität und Virtualität verwischt. Virtuelle und reale Welt fließen auch in den immer realitätsgetreuer werdenden Computerspielen ineinander, was zweifellos seine Wirkung auf das Leben in der realen Welt nicht verfehlt. Chirurgen operieren mittlerweile „per Mausklick“ über Hunderte von Kilometern Entfernung, ohne dem entsprechenden Patienten je begegnet zu sein. Der Segen der Anwendung von High Tech-Medizin und der Fluch der damit verbundenen

Versachlichung des Arzt-Patienten-Verhältnisses gehen miteinander einher. Die neuen IK-Technologien ermöglichen weltweite zwischenmenschliche Kommunikationen in nie gekannter Schnelligkeit und technischer Qualität; doch ist zu vermuten, daß die Qualität sozialer Interaktionen nicht in demselben Maße steigt. In geradezu paradigmatischer Weise zeigt heute die Gentechnik, daß technisches Handeln sehr langfristige Implikationen für menschliches Leben haben kann. Eingriffe in die Keimbahn von Lebewesen haben nicht nur Auswirkungen für das Leben einzelner Individuen, sondern betreffen deren sämtliche Nachkommen. Bei Veränderungen der Keimbahn des Menschen würde außerdem in nie zuvor dagewesener Weise Einfluß genommen werden auf die physische Konstitution des Menschen.

Angesichts dieser veränderten Handlungsmöglichkeiten ist die Frage nach dem richtigen und verantwortbaren Handeln neu zu stellen und sie ist heute, eben wegen der erweiterten Möglichkeiten, komplizierter als früher. Da Ethik Formen und Prinzipien rechten Handelns zu begründen hat, ist sie mit jeder Erweiterung menschlicher Handlungsmöglichkeiten, die insbesondere durch Technik bewerkstelligt werden, jeweils neu gefordert.

Veränderte Handlungskonsequenzen

Erschwert wird diese ethische Reflexion allerdings durch die Tatsache, daß die *Konsequenzen* von Handlungen heute sehr viel schwieriger zu übersehen sind als früher, was im wesentlichen zwei Arten von Gründen hat. Zum einen lassen sich die Folgen einzelner, im Gesamtzusammenhang technischen Handelns vorgenommener Handlungen aufgrund der Arbeitsteiligkeit unserer Gesellschaften mitunter schwer überblicken. Technik wird entwickelt und eingesetzt, um bestimmte Ziele zu verwirklichen. Diese Ziele werden aber in einer arbeitsteiligen und technisierten Welt nicht mehr, wie oben gesagt, von einem einzelnen Akteur erreicht, sondern erfordern die Kooperation und Vermittlung zahlreicher Handelnder. Unter diesen Bedingungen ist das technische Handeln meist das Ergebnis einer Kette von Aktionen und Handlungen, die Realisierung des mit jeder Einzelhandlung angestrebten Erfolgs hängt von dem im voraus nicht absehbaren reibungslosen Zusammenspiel der verschiedenen Beteiligten ab. Zum anderen sind die Folgen technischen Handelns aufgrund verschiedenster, zum Teil weltweiter Vernetzungen oft nicht genau zu kalkulieren. Es ist geradezu zum Zeichen der Zeit geworden, daß verschiedenste Regionen unseres Planeten sowie verschiedenste Sektoren, Bereiche und Akteure unserer Gesellschaften vernetzt werden, was mit dem Stichwort „Globalisierung“ nur unvollkommen beschrieben wird. Realsymbole für diese Vernetzung

sind das Internet und die neuen Kommunikationstechnologien. Doch auch durch Massentourismus oder zwischenstaatliche Assoziationen (z. B. Europäische Union) wachsen verschiedenste Regionen der Erde sowie verschiedenste gesellschaftliche Bereiche zu einem globalen System zusammen. Typisch für eine Vernetzung verschiedener Sub-Systeme ist die Möglichkeit von Rückkopplungen und chaotischem Verhalten, bei dem ja auch kleinste Ursachen bekanntlich sehr große Wirkungen haben können und wodurch die Vorhersage zukünftiger Entwicklungen schwierig, wenn nicht unmöglich wird. Obgleich es selbstverständlich immer schon unmöglich war, sämtliche Folgen einer Handlung in die ethische Reflexion einzubeziehen – was übrigens ein Argument gegen den Utilitarismus darstellt, da dieser ja die Legitimität einer Handlung an der Bewertung ihrer Folgen bemißt – sind die Folgen technischen Handelns in unserer hochgradig vernetzten und komplexen Welt ungleich schwieriger abzuschätzen als früher. Das ist für die ethische Beurteilung einer Handlung besonders wegen der unerwünschten „Nebenfolgen“ problematisch, vor allem, wenn Kosten und Nutzen ungleich verteilt sind. Bestes Beispiel dafür ist das NIMBY-Phänomen (not in my backyard): Alle wollen eine bestimmte Technologie, aber keiner will die unerwünschten Begleiterscheinungen spüren müssen. Das Ausmaß der „Nebenfolgen“ technischen Handelns hat in den letzten Jahren und Jahrzehnten derart zugenommen, daß diese in der Summe zu einem globalen Wandel, zu einer dauerhaften Veränderung der Lebensbedingungen im Kultur-Naturraum Erde führen.

Veränderte Handlungssituation

Zwar hat es Unwissen hinsichtlich des Eintreffens intendierter Ziele immer schon gegeben. Neu ist indes, daß dieses Unwissen sehr viele technische Handlungen begleitet und daß die alternativ denkbaren Szenarien sich in der Wirkung beträchtlich unterscheiden können – was gerade mit den genannten Nicht-Linearitäten und Rückkopplungen zusammenhängt. Unwissen hinsichtlich von Handlungsfolgen ist zwar als solches noch nicht ethisch relevant und stellt eine Aufgabe für die theoretische, nicht für die praktische Vernunft dar. Ethisch relevant ist allerdings durchaus, wie man mit einer Situation umgeht, in der ständig Entscheidungen unter einer derartigen Unsicherheit getroffen werden müssen, wobei einige der möglichen Folgen große Schäden verursachen würden. Ist ein System zu verantworten, das einen beständig dem Zwang aussetzt, unter einem derartigen Unwissen zu handeln? Die Gefährdung des Lebens und der Gesundheit von Mitmenschen zwar nicht zu beabsichtigen, doch immerhin billigend in Kauf zu nehmen, ist nicht umsonst strafrechtlich von Bedeutung.

Unsere Handlungssituation hat sich schließlich auch aufgrund verbesserter Nachweis- und Analysemethoden verändert. Verbesserte Einsicht in die toxikologischen Wirkmechanismen macht es möglich, Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit durch Umwelteinflüsse festzustellen. Qualitative und quantitative chemische Analysen, satellitengestützte Fernerkundung und vieles andere mehr helfen bei der immer präziseren Datenerhebung hinsichtlich der Qualität unserer Naturräume. Jede Zunahme des Wissens um schädliche Wirkungen technischer Entwicklungen und Produkte verkleinert aber den Raum legitimer Handlungen. Denn spätestens in dem Moment, in dem ein Zusammenhang von Immissionen von Toxinen und gesundheitlicher Beeinträchtigung bekannt ist, werden entsprechende Verschmutzungen ethisch relevant.

All dies macht deutlich, daß die Beurteilung der Frage, was das moralisch rechte Handeln ist, durch den heutigen Gebrauch von Technik sehr viel schwieriger geworden ist, was eine ethische Reflexion des technischen Handelns erforderlich macht.

Herausforderung an die Gesellschaft zu einer Ethik technischen Handelns

Aus mindestens drei Gründen ist die ganze Gesellschaft herausgefordert, eine Ethik technischen Handelns zu entwickeln. Zum einen deshalb, weil eine solche Ethik die gesamte Gesellschaft betreffen würde, weil Technik und technisches Handeln fast alle Lebensbereiche beeinflussen und früher oder später jede und jeder zu spüren bekommt, was in der Gesellschaft als verantwortbare Technik erachtet wird. Wenn technisches Handeln alle betrifft, dann ist es auch Aufgabe der Gesellschaft, nach Wegen für einen verantwortbaren Umgang damit zu suchen. Zweitens ist eine Ethik technischen Handelns eine gesellschaftliche Herausforderung, weil sie nur durch das Zusammenwirken unterschiedlicher gesellschaftlicher Akteure erreicht werden kann. Wir haben oben gesehen, wie viele verschiedene Akteure am technischen Handeln beteiligt sind. Weder Politik noch Wirtschaft, weder Konsumenten noch NGOs, weder Wissenschaft noch Ethik können alleine bestimmen, welche Technik verantwortet werden kann. Dies liegt zunächst noch nicht einmal an den fehlenden Möglichkeiten politischer Durchsetzbarkeit, sondern schlicht an der Frage, wie eine bestimmte Technik moralisch zu beurteilen ist. Für eine solche Beurteilung bedarf es verschiedenster Kompetenzen aus unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen. Jeder Akteur ist dabei gefordert, aus seiner je eigenen Perspektive, an dem je eigenen Ort

einen Beitrag zu einer ethischen Reflexion technischen Handelns zu leisten. Es wäre nämlich, wie der Rostocker Philosoph Heiner Hastedt formuliert, „keine angemessene Vorstellung, eine Institution für die Realisierung der Ethik der Technik vorzusehen. Die Ethik der Technik muß vielmehr an all den gesellschaftlichen Orten verankert werden, an denen überhaupt technikbezogene Entscheidungen getroffen werden. (...) Gerade weil Technikentscheidungen nicht isoliert einer einzelnen Institution zugeschrieben werden können, werden in einer funktional differenzierten modernen Gesellschaft praktisch überall Technikentscheidungen getroffen.“

Ist eine Technologie als richtig und verantwortbar erkannt, dann gilt es schließlich auch noch, sie gesellschaftlich durchzusetzen. Nur im Zusammenwirken der verschiedenen Akteure kann es dann gelingen, Technik in der von der Gesellschaft gewünschten Weise zu gestalten. Deshalb ist es, drittens, erforderlich, daß es für die demokratische Durchsetzung einer Ethik der Technik einen gesellschaftlichen Konsens gibt.

Einige Beispiele für Gestaltungs- und Einflußmöglichkeiten unterschiedlicher Akteure: Der Politik stellt sich die Aufgabe, die politischen Rahmenbedingungen derart zu gestalten, daß längerfristige soziale und ökologische Überlegungen auch wirtschaftlich bedeutsam werden und daß die heute noch betriebswirtschaftlich weitgehend irrelevanten externen Kosten, etwa für Verschmutzungen von Naturräumen, internalisiert werden. Es gilt, den Übergang von einer sozialen in eine sozial-ökologische Marktwirtschaft zu schaffen. Der Markt, der die bestmögliche Allokation knapper Ressourcen ermöglicht, ist grundsätzlich offen für eine solche Anpassung, ja legt sie sogar nahe. Denn es ist heute schon unübersehbar, daß intakte Naturräume sehr „knapp“ werden. Gelingt dieser Übergang in eine sozial-ökologische Marktwirtschaft, dann wird die Berücksichtigung ökologischer Ziele keineswegs mehr mit ökonomischem Kalkül kollidieren, vielmehr wird Ökologie als „Langzeitökonomie“ verstanden werden.

Mit verbessertem Verständnis der Zusammenhänge zwischen Schadstoffemissionen, Umweltschäden und Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit wird es auch leichter werden, die ökologischen und sozialen Kosten eines Produkts dem Verursacher zuzuschreiben. Es wäre denkbar, daß das Konzept einer Produkthaftung konsequent ausgedehnt wird und ein Unternehmen die durch Herstellung, Verwendung und Entsorgung eines Produkts entstehenden ökologischen und sozialen Kosten zu verantworten hätte. Selbstverständlich würden solche Regelungen internationale Übereinkünfte erfordern, um das Ausweichen

zu Standorten mit weniger konsequenten Regelungen zu verhindern.

Industrie und Wirtschaft sind ebenfalls gefordert, ihren Beitrag zum technischen Handeln ethisch zu reflektieren; denn sie sind fraglos zentrale Motoren gesellschaftlicher Veränderungen. Übernehmen Industrie und Wirtschaft moralische Verantwortung, dann braucht dies nicht ihrem wohlverstandenen Eigeninteresse zu widersprechen. Unternehmen vermitteln bereits heute politische Botschaften und nützen dies dazu, um ihr Firmenimage zu gestalten – sei es das Bekleidungsunternehmen im Protest gegen die Todesstrafe oder der Tourismuskonzern, der mit ökologischer Hotelführung wirbt.

Auch die Experten aus den verschiedensten wissenschaftlichen Disziplinen haben sich einzubringen. Sie haben Folgen und Nebenfolgen von Technologien wie auch ihrer Alternativen zu analysieren, zu bewerten und Handlungsmöglichkeiten daraus abzuleiten, wie es die VDI-Richtlinie Nr. 3780 fordert. So offensichtlich es ist, daß über Technik nicht allein von Ingenieuren entschieden wird, so evident ist zugleich, daß es ohne sie auch nicht zu einer angemessenen Bewertung von Technik kommen kann. Der Diskurs um eine verantwortliche Gestaltung der Technik von morgen darf daher weder technikignoranten „Profi-Ethikern“ noch ethisch unbedarften Ingenieuren überlassen werden. Hier ergibt sich in geradezu paradigmatischer Weise ein Feld für interdisziplinäre, die Kluft zwischen den „zwei Kulturen“ überbrückenden Dialog – trotz aller Schwierigkeiten, die das im Einzelnen beinhaltet.

Als Leitfrage für die am technischen Handeln Beteiligten könnte die Frage von Hastedt gelten: „Welche Techniken leisten unter welchen Bedingungen welchen Beitrag zu einem guten Leben in einer gerechten“ – und hier muß man m. E. ergänzen: *und zukunftsfähigen* – „Gesellschaft?“

Dipl.-Phys. Dr. theol. Christian Berg
Institut für Technische Mechanik
Graupenstraße 3
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-3565
Fax: 05323/72-2203
E-Mail: christian.berg@tu-clausthal.de

Systematische Zusammenstellung maschinenakustischer Konstruktionsbeispiele

Von Stefan-Georg Backhaus

Maschinenakustische Produktanforderungen gewinnen seit geraumer Zeit aufgrund steigender Kundenwünsche und verschärfter gesetzlicher Bestimmungen für viele Industrieunternehmen immer mehr an Bedeutung. Wurde bei Konsumgütern bisher besonders bei Produkten der gehobenen Preisklasse auf das Geräuschniveau geachtet, entwickelt sich aufgrund des immer stärkeren Wettbewerbs und Abgrenzungsdrucks zur Konkurrenz zunehmend auch im mittleren und unteren Preissegment eine Sensibilität für die Akustik. Auch in der Investitionsgüterindustrie unterliegen die Hersteller immer höheren Anforderungen an die Lärmarmut ihrer Produktionsanlagen und -maschinen. Daraus ergeben sich direkt erhöhte Anforderungen an die Konstruktionsabteilungen; denn der Konstrukteur legt während der Konstruktion die Wirkprinzipien und damit die maschinenakustischen Eigenschaften eines Produktes fest. Bisher spielt die Maschinenakustik in der klassischen Ingenieurausbildung jedoch eine sehr untergeordnete Rolle (**Bild 1**).

Aufgrund der vorherrschenden Unkenntnis werden bei der Konstruktion häufig akustisch ungünstige Verfahren gewählt oder technisch günstige Verfahren akustisch ungünstig ausgelegt. Die Folge davon ist, daß eine mögliche Lärmproblematik meist erst in der Prototypenphase oder gar erst bei der Markteinführung erkannt wird. Daraus resultieren zeit- und kostenintensive Nachbesserungen.

Solche Kosten lassen sich vermeiden oder we-

nigstens vermindern, wenn schon bei der Entwicklung des Produktes auf gewisse maschinenakustische Grundregeln geachtet wird. Somit ist gerade für den maschinenakustisch unerfahrenen Ingenieur eine gezielte und einfache Bereitstellung von maschinenakustischem Grundwissen notwendig.

Aus diesem Anlaß hat die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin das Institut für Maschinenwesen beauftragt, sich eingehend mit diesem Thema zu befassen. Ergebnis dieser Arbeit ist ein Forschungsbericht in Form eines Buches (**Bild 2**) inklusive einer CD-ROM.

Aufbau und Gliederung

Der Ausgangspunkt für den Aufbau und die Gliederung des Projektes war die ISO/TR 11688-1 „Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen Maschinen und Geräte; Teil 1: Planung“ (DIN 45685-1), [3]. Sie „stellt eine Verknüpfung des Sachsystems „Maschinenakustik“ mit dem Handlungssystem „Konstruktionsmethodik“ her und orientiert sich an der üblichen Vorgehensweise der Konstrukteure“ [4]. Die ISO/TR 11688-1 umfaßt jeden für die Maschinenakustik wichtigen Bereich und gibt für die aufgezählten maschinenakustischen Problemstellungen Handlungsanweisungen in Form von Konstruktionsregeln. **Bild 3** zeigt die Gliederung der Konstruktionsregeln nach der ISO/TR 11688 [1]. Wichtig hierbei ist, daß jeder Abschnitt der Schallentstehungskette (Quelle, Übertragung und Abstrahlung) jeweils für alle Medien (Festkörper, Flüssigkeit und Luft) berücksichtigt wird.

Nach einer Einleitung wird zunächst auf die prinzipielle Vorgehensweise bei der Konstruktion lärmarmen Maschinen eingegangen. Die weiteren Kapitel des Buches orientieren sich an der in **Bild 3** dargestellten Gliederung. Jeder Abschnitt beginnt mit einer grundlegenden Einführung in die Problematik. Die zugehörigen Konstruktionsregeln werden anhand von ausführlichen Beispielen erläutert. Dabei wird detailliert auf die akustische Problematik im jeweiligen Anwendungsfall eingegangen und mit Hilfe von Schaubildern die Anwendung der Konstruktionsregel beschrieben und deren Erfolg abgebildet.

Bild 4 und **Bild 5** zeigen ein typisches Beispiel („Beeinflussung von Luftschallquellen“ → „Turbulenzen“). An einer Papierförderanlage wird mittels pneumatisch betriebenen Saugnapfen Papier angesaugt, festgehalten, transportiert und anschließend wieder losgelassen. Beim Loslassen

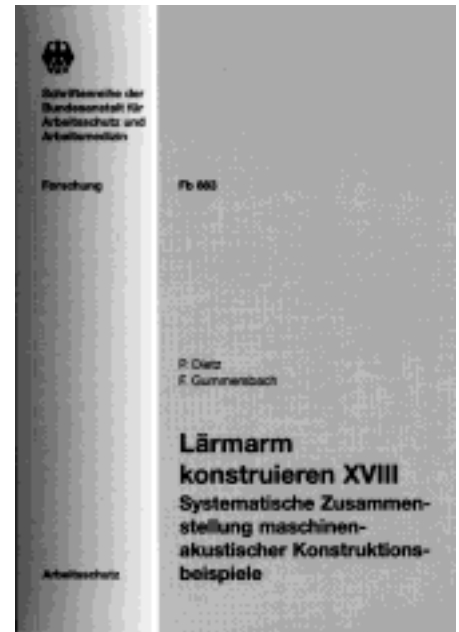


Bild 2: Lärmarm konstruieren XVIII [1]

entsteht ein Druckabfall, der zu einem starken Strömungsgeräusch führt. Im genannten Beispiel wurde durch die Verdoppelung der Anzahl der Saugnapfe eine Vergrößerung der ansaugenden Fläche erreicht, die es ermöglichte, den Druck im pneumatischen System zu verringern. Dies führt zu einem verringerten Ausströmgeräusch.

Die im Buch gezeigten Praxisbeispiele stammen aus der aktuellen Forschung oder sind Ergebnisse von Weiterentwicklungen aus der Industrie. Die angegebenen Lärminderungen sind jedoch als Tendenzen zu verstehen, da sie nur für genau die aufgezeigten Beispiele gelten. Dennoch läßt sich daraus das realisierbare Potential erkennen, um die Maßnahmen nach ihrer Wirksamkeit zu beurteilen.

Die CD-ROM zum Buch

Um die Möglichkeiten, die das Projekt bietet, voll ausschöpfen zu können, wurde dem Buch eine CD-ROM beigelegt. Sie enthält das Buch in elektronischer Form, zum einen im Portable Document Format (PDF) der Firma Adobe®, zum anderen eine Version in Hypertext Markup Language (HTML). Im Vergleich zur Druckausgabe wurden hier allerdings ein paar kleine, aber wesentliche Ergänzungen vorgenommen. ▶

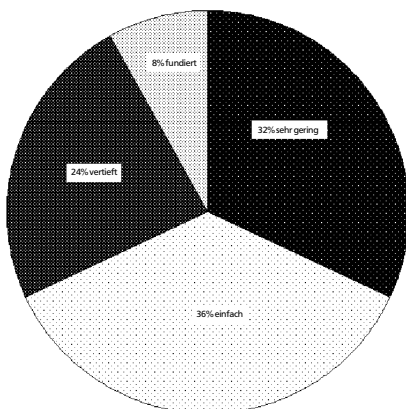
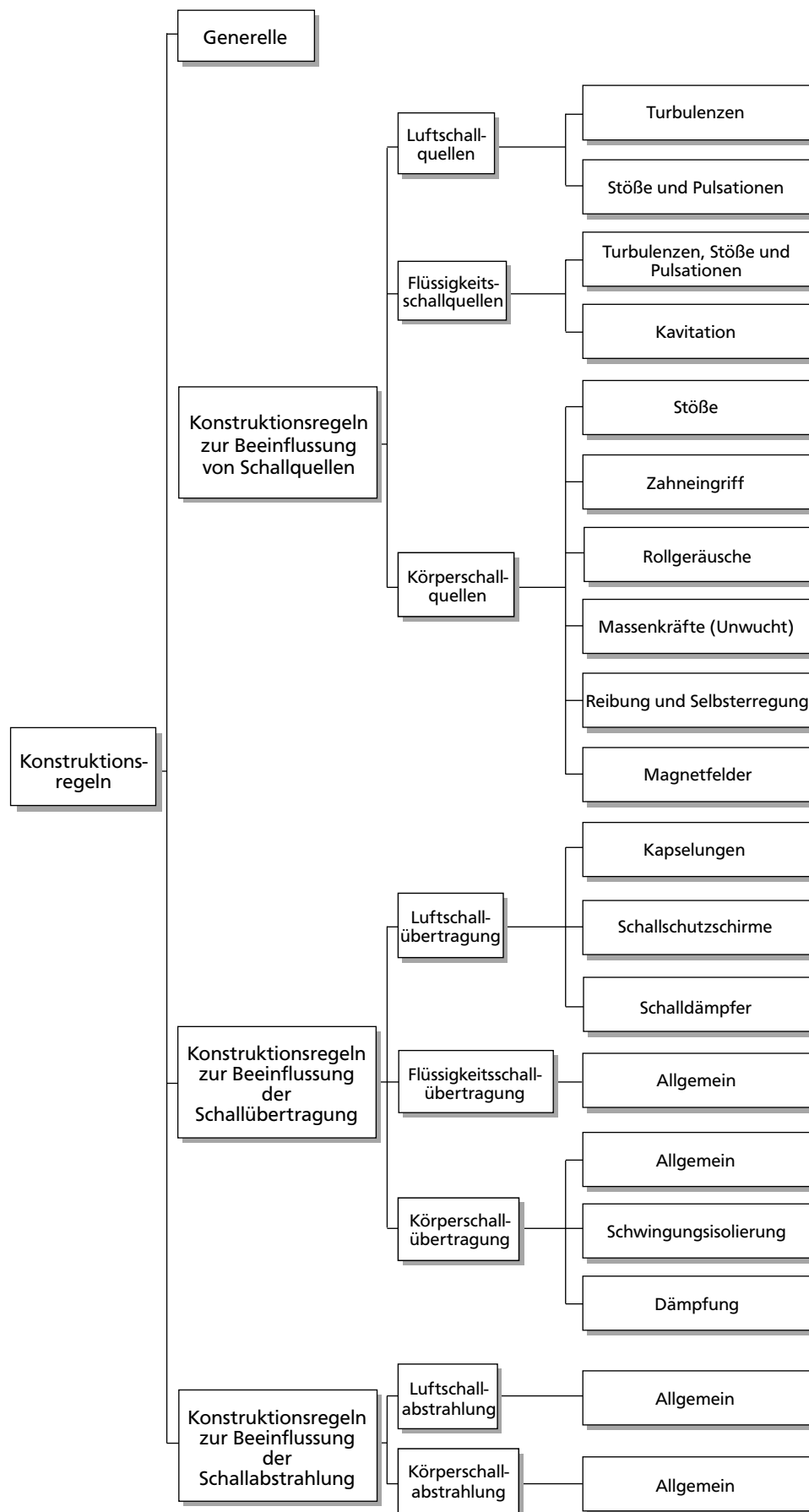


Bild 1: Umfrage zum maschinenakustischen Wissensstand von Konstrukteuren [2]



Während das Inhaltsverzeichnis des Buches aus der rein maschinenakustischen Sicht gegliedert ist, wurden die Online-Fassungen jeweils um eine branchenorientierte und eine komponentenorientierte Sichtweise ergänzt. Die Begriffe der einzelnen Branchen und der verschiedenen Komponenten sind das tägliche Brot jedes Konstrukteurs. Damit wird dem Ingenieur die anfängliche Suche nach der Lösung zu seinem maschinenakustischen Problem so einfach wie möglich gemacht.

Folgendes Beispiel soll verdeutlichen, wie sich die Neugliederung der Konstruktionsbeispiele aus branchen- und komponentenorientierter Sicht auswirkt.

Die in Bild 4 dargestellte Papierförderanlage findet sich in der maschinenakustischen Gliederung (Bild 3) unter „Beeinflussung der Schallentstehung“ → „Luftschallquellen“ → „Turbulenzen in Gasen“ → „Papierförderanlage“, aus branchenorientierter Sicht unter „Druck- und Papiertechnik“ → „Papierförderanlage“ und aus komponentenorientierter Sicht unter „Elemente der Fluidtechnik“ → „Düsen“ → „Papierförderanlage“. Diese Einteilungen machen es möglich, zu jedem Problem ein passendes Beispiel zu finden. Sollte dies dennoch nicht ausreichen, kann das PDF-Dokument im Volltext, die HTML-Version abschnittsweise nach einzelnen Wörtern durchsucht werden.

Die Programmierung im HTML- und PDF-Format ermöglicht es, die Online-Ausgaben auf jeder gebräuchlichen Rechnerplattform (Windows®-PC, Unix-Workstation und Apple Macintosh) darzustellen. Eignet sich die PDF-Ausgabe vor allem zur direkten Installation auf der Festplatte eines Rechners, kann die HTML-Version über das firmeninterne Intranet jedem Mitarbeiter zur Verfügung gestellt werden.

Zur Darstellung kann bei der HTML-Version jeder handelsübliche Internetbrowser verwendet werden. Für die PDF-Datei wird der frei erhältliche Adobe® Acrobat® Reader® benötigt.

Zusammenfassung

Aufgrund der sich immer weiter verschärfenden maschinenakustischen Anforderungen an die Produkte von heute ist es notwendig, dem maschinenakustisch unerfahrenen Konstrukteur ein Werkzeug an die Hand zu geben, das ihm die maschinenakustischen Konstruktionsregeln anschaulich anhand von praxisnahen Konstruktionsbeispielen erläutert. Das vorgestellte Buch bietet hier mit verschiedensten Darstellungs- und Suchfunktionen eine wesentliche Hilfestellung. ▶

Bild 3: Gliederung der maschinenakustischen Konstruktionsregeln nach ISO/TR 11688 [1]

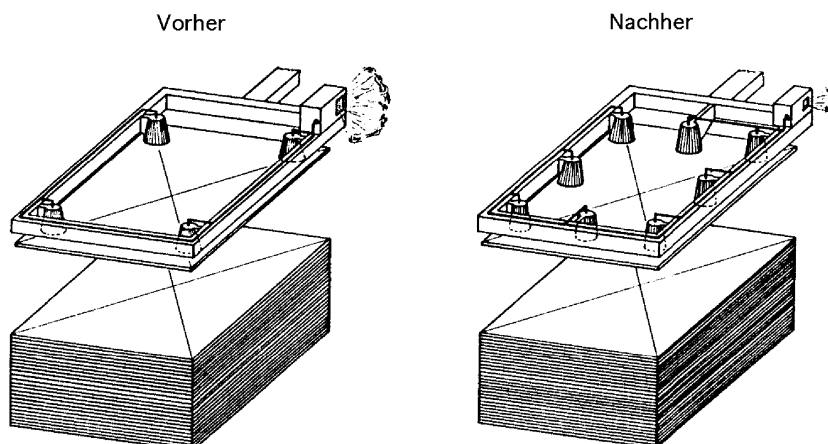


Bild 4: Papierförderanlage vor und nach der Lärminderungsmaßnahme [1]

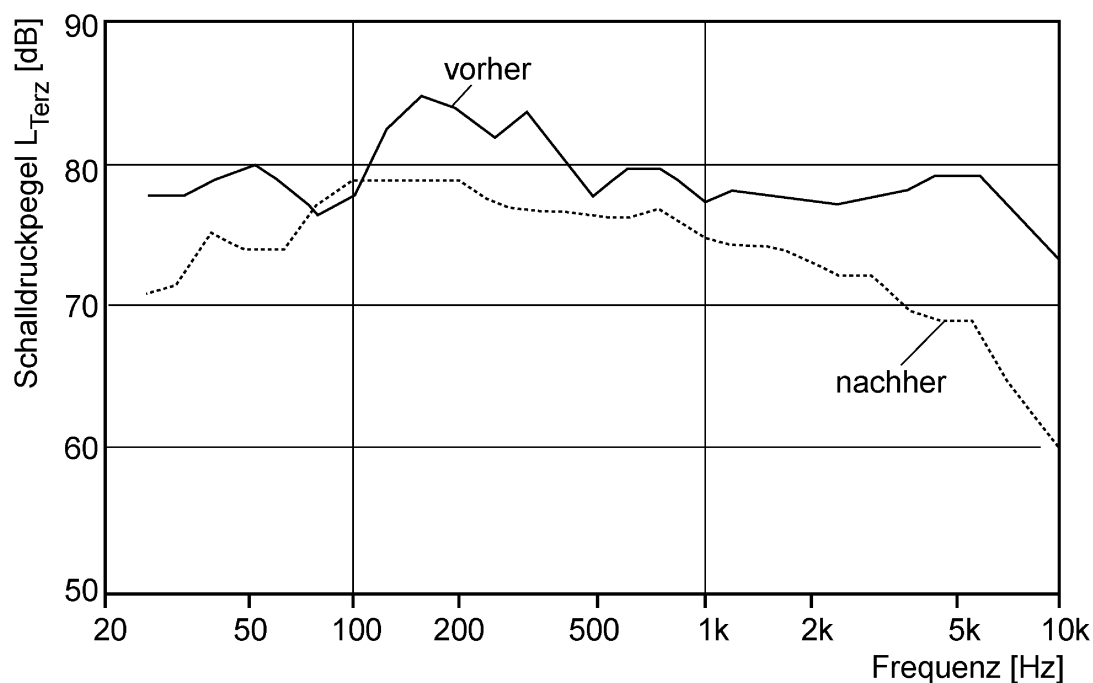


Bild 5: Spektrum des Schalldruckpegels vor und nach der Lärminderungsmaßnahme [1]

LITERATUR

- [1] Dietz, P.; Gummersbach, F.: Lärmarm konstruieren XVIII - Systematische Zusammenstellung maschinenakustischer Konstruktionsbeispiele, Bremerhaven, Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft, 2001
- [2] Haje, D.; Gummersbach, F.; Schmidt, A.: Inquiry Results about Low Noise Design; Clausthal; 1994; unveröffentlicht

- [3] DIN EN ISO 11688-1; Akustik - Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen Maschinen und Geräte - Teil 1: Planung, 1998; (ISO/TR 11688-1; 1995); Deutsche Fassung EN ISO 11688-1:1998
- [4] Gummersbach, F.: Lärmarm konstruieren XIX - Schalltechnische Informationen unter konstruktiven Gesichtspunkten - ein Beitrag zum systematischen Zugriff auf konstruktive Lärminderungsmaßnahmen, Bremerhaven,

Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft, 2001; Dissertation, TU Clausthal

Dipl.-Ing. Stefan-Georg Backhaus
Institut für Maschinenwesen
Robert-Koch-Straße 32
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-2262
FAX: 05323/72-3501
E-Mail: Backhaus@imw.tu-clausthal.de

Wie man Aiolos nachahmt

Energiekonditionierung in dezentralen Energieversorgungssystemen mit stochastischem Primärenergieangebot

Von Constantis Sourkounis, Jan Wenske und Hans-Peter Beck

Das stochastisch fluktuierende Angebot regenerativer Energiequellen (z. B. Windenergie) begrenzt aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nennenswert den maximal einspeisbaren Energieanteil in die elektrischen Netze bzw. Inselnetze in Regionen mit guten Windverhältnissen. Aus technischer Sicht ruft das fluktuierende Energieangebot des Windes eine Minderung der Energiequalität in den elektrischen Netzen hervor. Diese äußert sich in Form von Spannungs- und Frequenzschwankungen (bei Inselnetzen). Darüber hinaus muß man je nach Art der eingesetzten Windenergiekonverter (WEK) mit der Ausbreitung von unerwünscht hohen Oberschwingungen im elektrischen Netz rechnen.

Die wirtschaftlichen Restriktionen liegen in der Tatsache begründet, daß das Energieverbrauchsprofil nicht mit dem fluktuierenden Energieangebot korreliert. Um die Energiebereitstellung zu sichern, müssen Kraftwerksreserven durch entsprechenden Aufwand abrufbar gehalten werden. In Zuge der Liberalisierung des Strommarktes besteht daher die Gefahr, daß Energien aus stochastisch fluktuierenden, regenerativen Quellen gegenüber schnell abrufbaren Energien (z. B. aus Gas- und Dampfkraftwerken) an Attraktivität verlieren.

Aus den genannten Gründen ist ein Konzept zur Energiekonditionierung in dezentralen elektrischen Netzen und Inselnetzen mit hohem Energieanteil aus fluktuierenden Quellen entwickelt worden. Das Konzept sieht eine Netzstützung bzw. -führung durch Blind- und Wirkleistungskompensation mit Hilfe von statischen Umrichtern („Elektronische Synchronmaschine“) (Wenske 1999) und Kurzzeitspeichern vor. Durch den elektrischen Vier-Quadranten-Betrieb des Umrichters können die kurzzeitigen, quellenbedingten Leistungsschwankungen sowie Laständerungen vor Ort abgefangen bzw. geglättet werden.

Durch Einbindung von Langzeitspeichern (z. B. Pumpspeicher) wird eine Zwischenspeicherung der stochastisch angebotenen Energie aus regenerativen Quellen vorgenommen. Die „niederwertige“ Energie kann somit zu hochwertiger abrufbarer Energie umgewandelt werden. Diese kann sogar zur Lastspitzendeckung eingesetzt werden. Der Ausgleich der Schwankungen zwischen Energieangebot und -verbrauch ermöglicht einen

konstanten Energiebezug aus dem Netz des Vorlieferanten. Damit kann der Leistungspreis nennenswert gesenkt werden.

Wandel des energiewirtschaftlichen Umfeldes

Mit der Liberalisierung des Strommarktes und der dadurch zu erwartenden Einführung einer Strombörse, an der Strompreise durch Nachfrage und Angebot festgelegt werden, entstehen neue Randbedingungen für die Nutzung von regenerativen Energiequellen zur Stromerzeugung. Ausgehend von der Entwicklung in den skandinavischen Ländern und den USA ist zu erwarten, daß durch die Existenz eines funktionierenden Spotmarktes bzw. Terminmarktes – wegen der fehlenden Speicherbarkeit der elektrischen Energie – Bedarfsunterdeckungen bzw. Überschüsse die Preise marktgerecht gestalten werden.

Die Liefersicherheit wird durch entsprechend höhere Preise angeboten bzw. gewährleistet. Man unterscheidet zwischen „festem Strom“ und „unterbrechbarem Strom“. Fester Strom darf nur in Fällen höherer Gewalt unterbrochen werden. Im Gegensatz dazu kann unterbrechbarer Strom theoretisch jederzeit und ohne Angabe von Gründen unterbrochen werden (von Kistowski 1998). Aus der Sicht des Energieanbieters (z. B. EVU) bedeutet fester Strom Deckung der Grundlast sowie der kurzfristigen Spitzenlast, welche durch die Möglichkeit, die Lieferung des unterbrechbaren Stromes abzustellen, leicht entschärft werden kann. Zur Deckung der Spitzenlast müssen entweder Leistungsreserven bereitstehen oder es muß auf dem Terminmarkt für die Dauer der Spitzenlast zu überhöhten Preisen Energie eingekauft werden.

In dieser Hinsicht kann Energie aus fluktuierenden Energiequellen (z. B. Wind) nur bedingt zur Deckung des Bedarfs an festem Strom eingesetzt werden. Für die Grundlastversorgung sind fluktuierende Energiequellen auf lokaler Basis nicht geeignet (Koschnik et al. 1997). Nur bei einer großräumigen Betrachtung kann z. B. die Windenergie mit 5 bis 10% der an Windenergiekonvertern installierten Leistung zur Grundlastdeckung beitragen. Der Einsatz fluktuierender Energiequellen zur Spitzenlastdeckung ist von der Tatsache abhängig, inwieweit zeitlich die Spitzenlasten mit dem fluktuierenden Energieangebot korrelieren. Diese Tatsache läßt nicht auf eine sichere Deckung der Spitzenlast schließen, auch wenn es

von der installierten Leistung her möglich wäre.

Aus der heutigen Sicht und den üblichen Nutzungsrandbedingungen kann elektrische Energie aus fluktuierenden Energiequellen den Verbrauchern nur als unterbrechbarer Strom mit entsprechend niedrigeren Preisen zur Verfügung gestellt werden.

Unter den zu erwarteten Randbedingungen des zukünftigen Energiemarktes ist bei einer breiten Nutzung regenerativer Energien neben den heute bekannten technischen mit zusätzlichen wirtschaftlichen Restriktionen zu rechnen; es sei denn, die fluktuierende Energie wird vor Ort konditioniert.

Regenerative Energiequellen zur dezentralen Energieversorgung

Aus den bisherigen Erfahrungen in Regionen mit einem hohen Anteil an Windenergie (z. B. Nordseeküstengebiet) kristallisieren sich Netzstabilitäts- bzw. Energiequalitätsprobleme heraus. Das stochastisch fluktuierende Angebot der Windenergie führt zu Spannungsänderungen im elektrischen, leistungsschwachen Netz, welche sich in Form von „Flickereffekten“ äußern. Im Falle der Inselnetze können die windbedingten Wirkleistungsänderungen auch zu Frequenzschwankungen führen. Um diese zu vermeiden, wird der Anteil der im Netz installierten Leistung regenerativer Energiequellen mit fluktuierendem Angebot begrenzt.

Die Integration der Wind- bzw. der Sonnenenergie in dezentrale Energieversorgungssysteme bzw. Inselnetze ist diesbezüglich noch kritischer. Bei den dezentralen Energieversorgungssystemen handelt es sich um Energieversorgungssysteme, welche in erster Linie das regionale bzw. lokale Energiepotential nutzen. Eine gesicherte Energiebereitstellung wird durch Anbindung an das öffentliche Netz (übergeordnetes Energiesystem) gewährleistet. Inselnetze werden durch ein geographisch begrenztes Dasein und eine relativ geringe installierte Leistung (bis zu einigen MW) charakterisiert. Sie verfügen über keinen Anschluß an übergeordnete Energieversorgungssysteme, oft bedingt durch geographische Gegebenheiten. Es handelt sich meistens um Wind-Diesel-Systeme mit einer relativ hohen installierten Leistung an Windenergiekonvertern (über 10% der gesamten installierten Leistung) (Betsios 1994).

Wind-Diesel-Systeme weisen meistens einen geringen Ausnutzungsgrad der Dieselgeneratoren auf, da diese auch bei einem ausreichenden Energieangebot des Windes zur Netzführung (Blindleistungskompensation) ständig mitlaufen müssen (s. Bild 1a). Am Beispiel des Wind-Diesel-Systems der Insel „Ikaria“ in der Ägäis mit einer installierten Leistung von 9,3 MVA (6,3 MW) und einer maximalen Last von ca. 4 MW, ist deutlich zu erkennen, daß durch einen hohen Blindleistungsbedarf ($\cos\varphi < 0,7$) mehrere Dieselgeneratoren (DG) mit ca. 50% Belastung betrieben werden müssen, um den Bedarf an Blindleistung zu decken und damit für Spannungsstabilität ▶

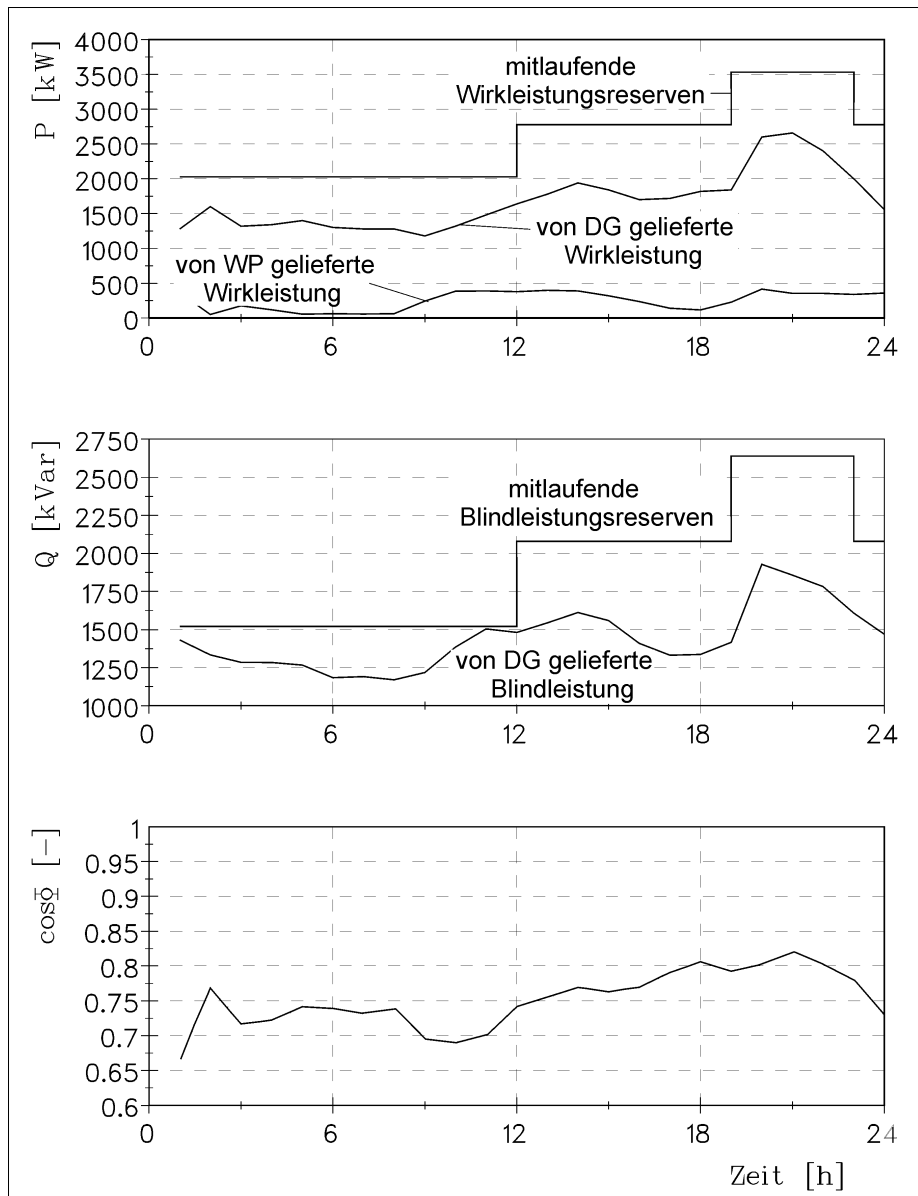


Bild 1a: Zeitverläufe des Energieverbrauchs auf der griechischen Insel Ikaria am 22. September 1997

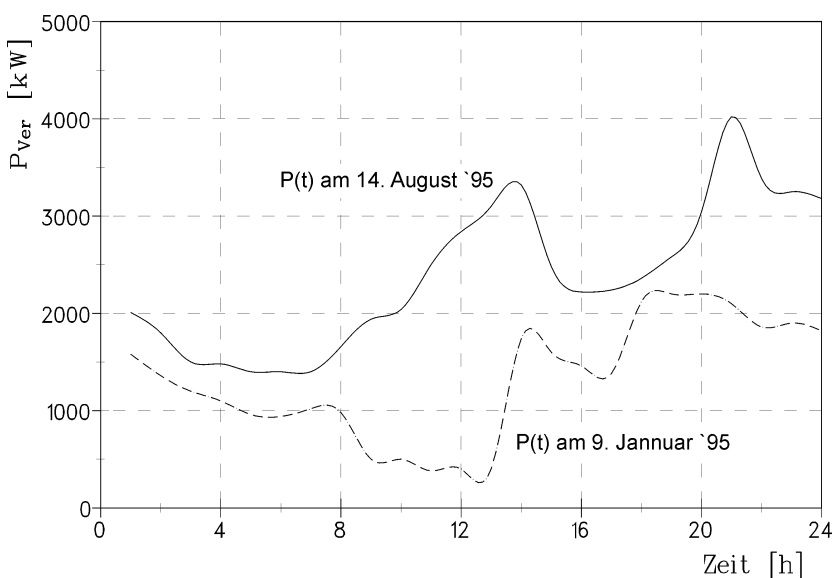


Bild 1b: Tagesverläufe des Energieverbrauchs (Auch die saisonalen Schwankungen werden deutlich)

zu sorgen. Die Nennleistung des in das Wind-Diesel-System integrierten Windparks beträgt 7×55 kW. Mit einer Gesamtleistung von 385 kW kann dieser bei guten Windverhältnissen mit ca. 9% Anteil für die Versorgung der Insel bei maximaler Last beisteuern.

Darüber hinaus werden dezentrale Energieversorgungssysteme bzw. Inselnetze durch starke Verbrauchsschwankungen charakterisiert (s. Bild 1b). Diese sind in zwei Kategorien einzuteilen. Einerseits ist das Tagesverbrauchsprofil, mit seinem absoluten Maximum zwischen 18:00 und 22:00 Uhr (saisonabhängig) und absoluten Minimum meistens während der Nacht, zu nennen und andererseits das Jahresprofil, welches den saisonabhängigen Verbrauch wiedergibt. Durch die genannten Verbrauchsschwankungen, welche wie auf der Insel „Ikaria“ (s. Bild 1b) bis zu 1050% betragen können, kann es unter Umständen zum Energieüberangebot kommen. Als Folge werden die Energiewandler für die regenerativen Energien abgeschaltet, obwohl günstige Bedingungen herrschen. Bild 1b zeigt im Zeitverlauf der Last am 9. Januar 1995 deutlich, daß diese zwischen 9:00 und 13:00 bis auf 380 kW gefallen ist. Demzufolge müßten der Windpark und alle Dieselgeneratoren bis auf einen mit 750 kW Nennleistung abgeschaltet werden. Trotz der gestaffelt verteilten Leistung auf mehrere Aggregate konnte während dieser Zeit kein höherer Ausnutzungsgrad des Dieselgenerators als 60% erreicht werden.

Die Erfahrungen mit den Wind-Diesel-Systemen in der Ägäis zeigen einen sehr geringen Nutzungsgrad der integrierten regenerativen Energiequellen auf (Betsios 1994). Bezogen auf die Windenergie kann nur ein Teil der durch die installierten WEK maximal nutzbaren Windenergie in das elektrische Netz eingespeist werden (s. Bild 2). Auf der Insel Ikaria kann bei ca. 9% installierter WEK-Leistung gegenüber der maximalen Verbrauchsleistung (4 MW) im Jahresdurchschnitt 60% der durch den Windpark (WP) maximal nutzbaren Windenergie vom Netz aufgenommen werden. Der Nutzungsgrad der regenerativen Energiequellen ist vom Verhältnis der an Windenergiekonvertern installierten Leistung gegenüber der installierten Gesamtleistung abhängig. Er nimmt mit steigendem Anteil der an regenerativen Energiequellen installierten Leistung gegenüber der Gesamtleistung ab, und damit auch die Wirtschaftlichkeit der genannten Energieversorgungssysteme.

Technische Beschreibung des Konzeptes

Ausgehend von den genannten technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen für die Einbindung von fluktuierenden, regenerativen Energiequellen in dezentrale Energieversorgungssysteme bzw. Inselnetze ist am Institut für Elektrische Energietechnik (IEE) ein Autonomes, Modulares Energieversorgungssystem (AMOEVES) konzipiert (Sourkounis 1995; Beck, Sourkounis: Patent 4232516) und mit Hilfe eines Versuchsmodells mit einer Nennleistung von 60 kVA unter-

sucht worden. Dabei wurden die bis dahin veröffentlichten Erkenntnisse und Erfahrungen mit sogenannten Hybrid-Energieversorgungssystemen (Cramer, Grebe 1990; Bezerra et al. 1992) in das Konzept mit eingearbeitet.

AMOEVES verfolgt einerseits das Ziel, den Nutzungsgrad von fluktuierenden regenerativen Energiequellen zu erhöhen und andererseits die Netzfürhung sowie die Energieversorgung ohne ständig mitlaufende Dieselgeneratoren zu gewährleisten. Neben dem Inselnetzbetrieb sieht das AMOEVES-Konzept auch den Betrieb als dezentrales Energieversorgungssystem mit Anbindung an das öffentliche Netz vor. In diesem Fall steht die Aufgabe der „Energiekonditionierung“ in Vordergrund.

In Bild 3 ist die aus den oben genannten Anforderungen resultierende Struktur des Energieversorgungssystems AMOEVES dargestellt, wie sie in der Versuchshalle des IEE aufgebaut und untersucht worden ist.

Die Spannungs- und Frequenzregelung innerhalb des Inselnetzes übernimmt die „Elektronische Synchronmaschine mit aktivem Dämpferkreis“ mittels des auf der Sekundärseite des Transformators angeschlossenen selbstgeführten Spannungsumrichters, welcher die im Netz benötigte Blindleistung dynamisch zur Verfügung stellt und somit maßgeblich die Netzspannung (Spannungskonstanz $\pm 10\%$ nach IEC für Niederspannungsnetze) in einem engen Toleranzband regelt (Wenske 1999). Durch den gekoppelten Kurzzeitspeicher ist es ferner möglich, Energieangebot und -nachfrage durch Wirkleistungsspeicherung je nach Auslegung im Sekunden- bis in den Stundenbereich zu entkoppeln. Die im Vergleich zum rotierenden Phasenschieber hohe Regeldynamik des selbstgeführten Umrichters gewährleistet eine hohe Energiequalität innerhalb des Inselnetzes.

Der selbstgeführte Wechselrichter kann im elektrischen Vierquadrantenbetrieb arbeiten, so daß er in der Lage ist, Wirk- und Blindleistung unabhängig voneinander zu liefern bzw. aufzunehmen. Der Betrieb des Kurzzeitspeichers gestattet folgende Funktionen:

- Entladen der Batterie durch Wirkleistungsabgabe
- Laden der Batterie durch Wirkleistungsaufnahme
- Betrieb als induktiver Blindleistungserzeuger (kapazitive Last)
- Betrieb als induktiver Blindleistungsverbraucher (induktive Last).

Damit erfüllt die Energiekonditionierungsanlage (Kurzzeitspeichersystem und selbstgeführter Wechselrichter) alle Voraussetzungen, um die Aufgabe der Netzfürhung im Inselnetz zu bewältigen. Diese arbeitet mit einer Netzspannungsregelung; dabei stellen sich Wirk- und Blindleistungsabgabe bzw. -aufnahme wie bei einer Synchronmaschine ein (Pesch 1990) (elektronische Synchronmaschine mit aktivem Dämpfer, ELSAD) (Wenske 1999). Wie das Funktionsdiagramm (Bild 4) zeigt, wird die Ausgangs-

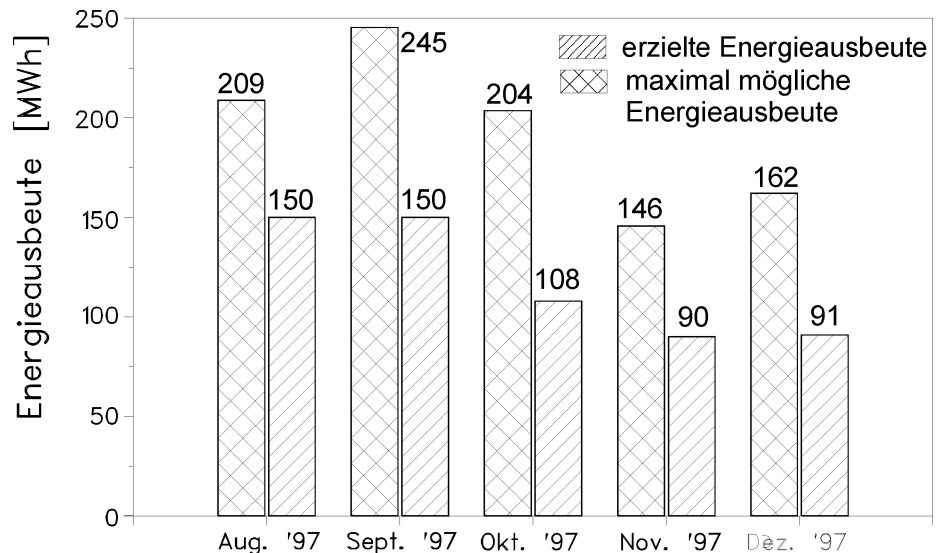


Bild 2: Energieausbeute des Windparks auf Icaria (7 WEK x 55 kW)

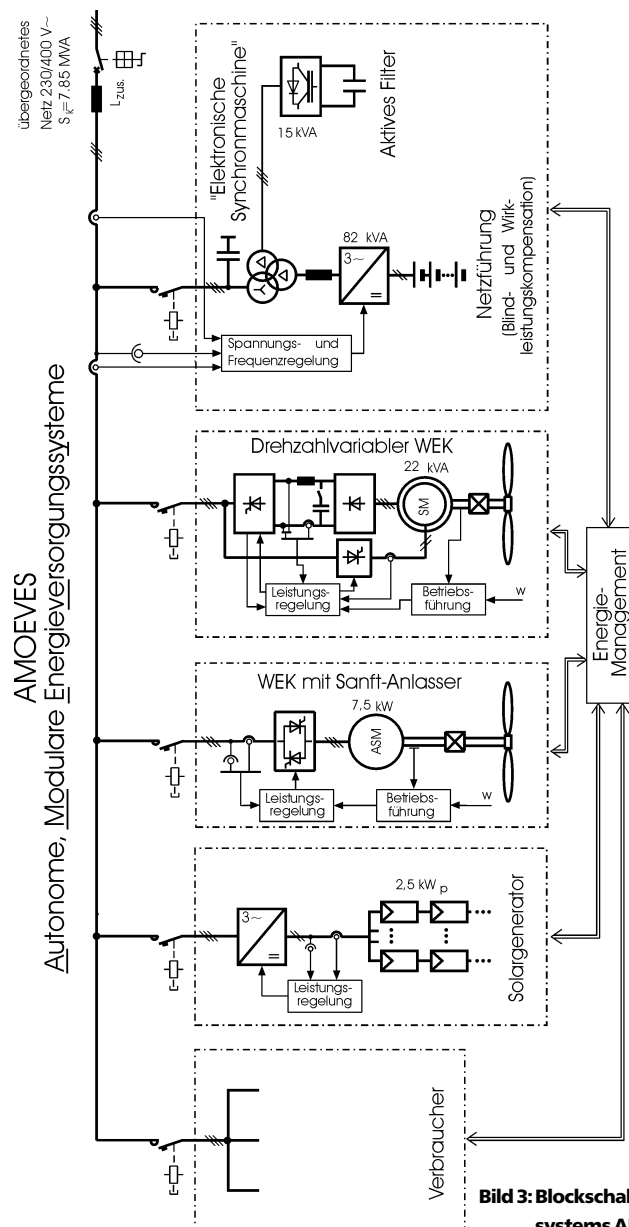


Bild 3: Blockschaftbild des Energieversorgungssystems AMOEVES (Sourkounis et al. 1998)

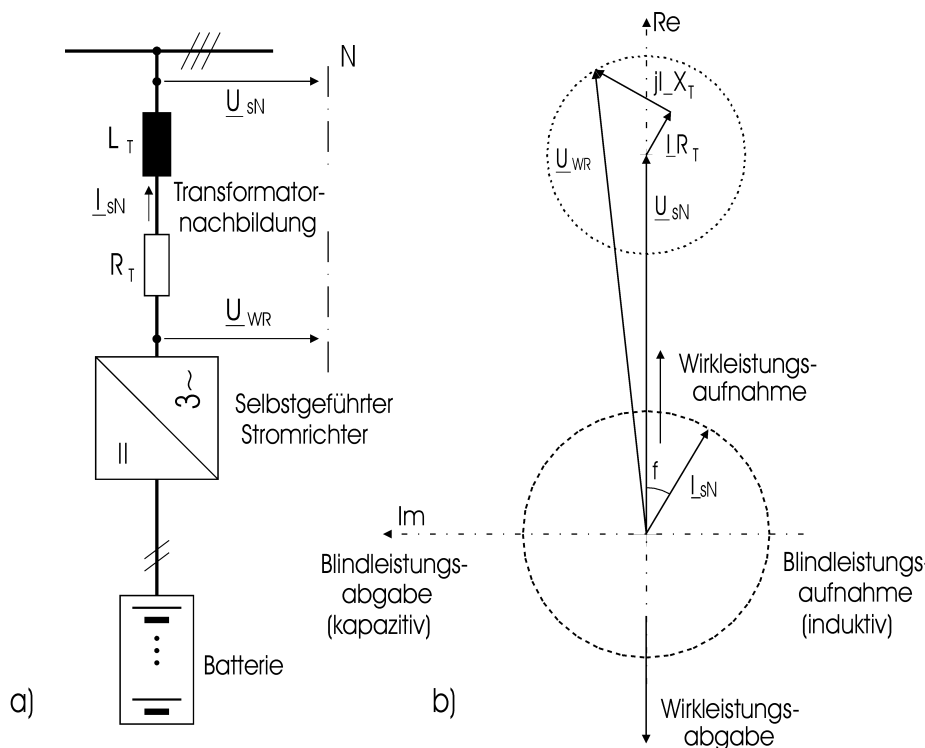


Bild 4: Vierquadrantenbetrieb beim selbstgeführten Stromrichter
a) Schaltung b) Funktionsdiagramm im Verbraucher-Zählpfeilsystem

spannung des Wechselrichters (U_{WR}) so eingestellt, daß eine Spannungsdifferenz zu der zu regelnden Netzspannung entsteht. Diese bestimmt den zur Konstanzhaltung der Netzspannung jeweils erforderlichen Strom in Amplitude und Phasenlage sowie die abgegebene bzw. aufgenommene Leistung.

Durch die starre Frequenzvorgabe des Umrichters wird keine Frequenzregelung innerhalb des Netzes erforderlich, und die von Verbundsystemen

bekannte Leistungs-Frequenz-Abhängigkeit entfällt hier. Wirklaständerungen im Netz haben im Gegensatz zu rotierenden Generatoren auf die Frequenz keinen Einfluß, solange der Strom den maximal zulässigen Wert nicht übersteigt.

Das Konzept der ELSAD (s. Bild 5) ist aufgrund seiner speziellen Reglerstruktur und Betriebsführung auch für den Netzparallelbetrieb mit geregelten Grundschwingungsleistungsflüssen am Netzanschlußpunkt (PCC) geeignet. Durch den

Kurzzeitspeicher ist es zum einen möglich, an der Schnittstelle zum übergeordneten Netz eine bestimmte Übergabeleistung anzuregeln; zum anderen wird durch die dezentrale Energiekonditionierung auch die Netzqualität im transienten und subtransienten Bereich verbessert. Ein schwacher Netzausläufer kann auf diese Weise ohne Netzausbau gestützt und die Versorgungsqualität erhöht werden. Umgekehrt können Netzstörungen innerhalb des übergeordneten Netzes z. B. durch fluktuierende Einspeisung regenerativer Quellen vermindert und das gesamte Erzeugerverhalten im Sinne einer übergeordneten Netzführung verbessert werden. Die ELSAD wird dabei kostengünstig aus standardisierten Betriebsmitteln der Stromrichtertechnik aufgebaut und erscheint aufgrund eines flexiblen Regelkonzeptes für die Teilaufgaben der Energiekonditionierung im Insel- und Verbundnetzbetrieb in den Leistungsklassen von 50 kVA bis 100 MVA als geeignet (Wenske 1999).

Erreicht wird dies durch eine schaltungstechnische Trennung der Energiekonditionierung in den Grundschwingungs- und Oberschwingungsbereich innerhalb elektrischer Netze. Dabei wird das für eine allgemeine Energiekonditionierung günstige Betriebsverhalten einer Synchronmaschine mit Dämpferwicklung elektronisch nachgebildet und das System durch den Einsatz des elektrochemischen Kurzzeitspeichers in seinen Funktionen ergänzt. Der universelle Energiekonditionierer sollte zur Netzstützung bestehender Versorgungsnetze mit beliebiger Kurzschlußleistung und zur Netzführung im Inselbetrieb eingesetzt werden können. Diese Forderungen mußten bei der Entwicklung eines geeigneten Regelkonzeptes für die ELSAD berücksichtigt werden. Aufgebaut ist die Elektronische Synchronmaschine mit aktivem Dämpferkreis im wesentlichen aus zwei selbstgeführten Spannungsumrichtern unterschiedlicher Leistung, einem Dreiwicklungsstromrichtertransformator der Schaltgruppe Ynd5d5 und zwei kombinierten passiven LC-Filtern (s. Bild 5).

Voraussetzung dafür ist eine entsprechend ausgelegte Drehzahl- bzw. Leistungsregelung. Wie die Versuchsergebnisse zeigen (Bild 6), kann durch den flexiblen Betrieb und die hohe Regeldynamik der elektronischen Synchronmaschine ein dem öffentlichen Netz vergleichbare Energieversorgungsqualität erreicht werden.

Ergebnisse der Studie zur Anwendung von AMOEVES auf der Insel Ikaria

Auf der Basis des AMOEVES wurde ein Energieversorgungssystem für die Insel Ikaria konzipiert und mit Hilfe der Simulation untersucht. Neben den Windenergiekonvertern und dem Kurzzeitspeicher mit dem selbstgeführten Wechselrichter, welcher die Aufgabe der Netzführung übernimmt (s. voriger Abschnitt), wurden in das Energieversorgungssystem ein Langzeitspeicher und die vorhandenen Dieselgeneratoren integriert. Als Langzeitspeicher soll ein Pumpspeicherwerk dienen. Die Bodenmorphologie der Insel ▶

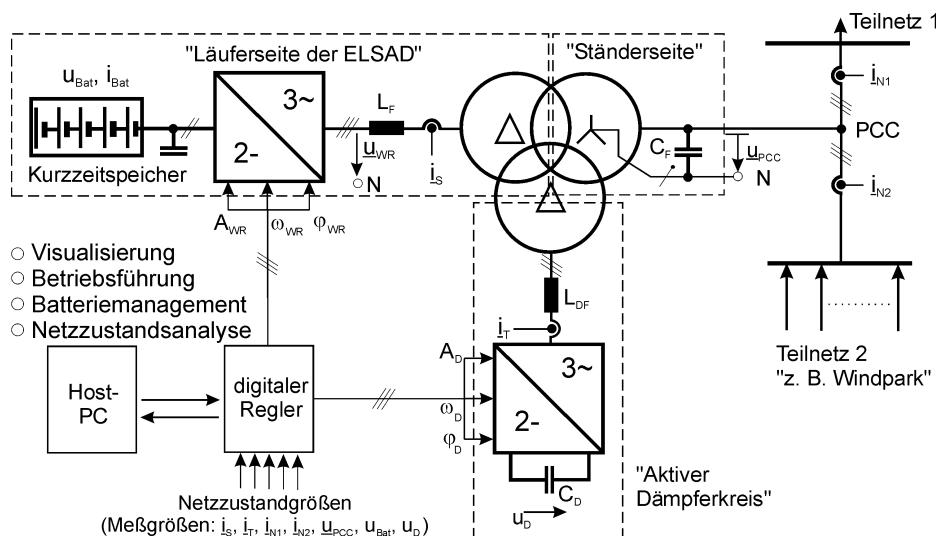


Bild 5: Vereinfachtes Schaltbild der Energiekonditionierungsanlage ELSAD (Wenske 1999)

begünstigt die Speicherung der überschüssigen Energie des Windparks in Form von potentieller Energie. Zwischen dem auf der Insel bestehenden Stausee, welcher als Oberbecken des Pumpspeicherwerks genutzt wird, und dem geplanten Unterbecken besteht eine Höhendifferenz von 520 m. Die große Fallhöhe und das Fassungsvermögen des Oberbeckens von 1 300 000 m³ geben dem Speicher eine hohe Energiespeichertiefe, so daß bei Windstille die Energieversorgung der Insel durch das Pumpspeicherwerk bis zu 50 h gewährleistet werden kann, ohne daß die Dieselgeneratoren in Betrieb genommen werden müssen.

Bei guten Windverhältnissen und Zeiten geringer Last reicht die Wirkleistung des Windparks aus, den Bedarf im Netz zu decken. Für den Fall, daß der Windpark mehr Wirkleistung liefert als benötigt, gehen die Pumpen des Pumpspeicherwerkes in Betrieb, und die überschüssige Energie wird in potentielle Energie umgewandelt, indem sie Wasser vom Unterbecken in das Oberbecken befördert. Die Energie steht für Zeiten mit Lastmaxima bzw. für Zeiten, in denen der Windpark den Bedarf im Netz nicht decken kann, zur Verfügung. Die Leistung ist innerhalb von einigen Minuten abrufbar.

Das Pumpspeicherwerk übernimmt bei Windstillzeiten die Energieversorgung der Insel je nach Last entweder vollständig im Alleinbetrieb oder im Parallelbetrieb mit den Dieselgeneratoren. Das Pumpspeicherwerk bleibt solange in Betrieb, bis der Windpark wieder ausreichend Wirkleistung liefert. Bei lange andauernden Windflauten wird die Betriebszeit des Pumpspeicherwerkes durch das Fassungsvermögen des Unterbeckens bestimmt. Nachdem die Kapazitäten des Speichers ausgeschöpft worden sind, übernehmen die Dieselgeneratoren die Energieversorgung.

Die Simulationsergebnisse des aus

- Dieselgeneratoren
(5 x 750 kW; 2 x 1280 kW)
- Windenergiekonverter
(6 x 500 kW; 7 x 55 kW)
- Pumpspeichersystem
(2 MW, 104 MWh, bezogen auf das untere Becken)
- Kurzzeitspeicher

bestehenden Energiesystems haben gezeigt, daß ca. 85% des Jahresenergiebedarfs durch den Windpark gedeckt werden können. Bei einem Jahresenergiebedarf von 14 Mio kWh würden der Simulation nach 11,8 Mio kWh vom Windpark direkt oder indirekt über die Speicher ins Netz gespeist. Gleichzeitig könnte der Nutzungsgrad der Windenergie von 60% auf ca. 86% gesteigert werden. Dieses ist nur durch den Einsatz des Kurz- und Langzeitspeichers mit entsprechenden Kapazitäten möglich. Gegenteiliges wäre zu erwarten, wenn keine oder nur ungenügende Speicher im Energieversorgungssystem integriert wären, weil das Verhältnis der installierten WEK-Leistung zur maximalen Last von 9% beim bestehenden System auf 84% gestiegen wäre.

Die genannten Verbesserungen spiegeln sich in der höheren Wirtschaftlichkeit des Energieversor-

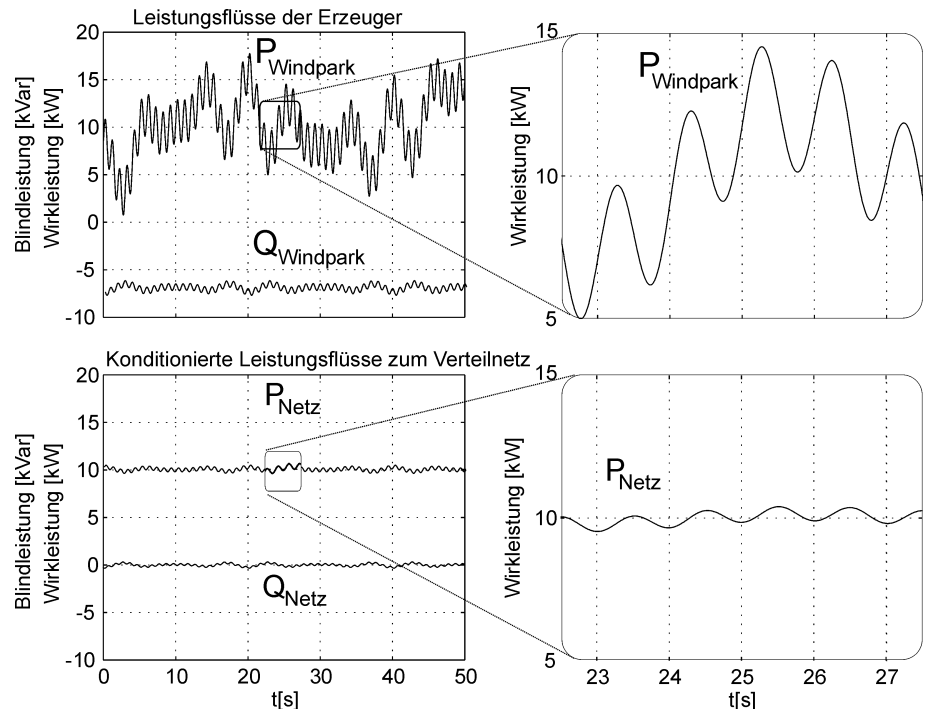


Bild 6: Leistungsflüsse beim Betrieb von AMOEVES am öffentlichen Netz mit und ohne Energiekonditionierung

gungssystems wider. Das heute bestehende Energieversorgungssystem (Wind-Diesel-System) weist Selbsterzeugungskosten um die 0,18 pro kWh auf. Bei dem geplanten Energieversorgungssystem würden diese um die 0,10 pro kWh betragen. Gerechnet wurde mit einer Amortisationszeit von 20 Jahren und einem Zinssatz von 10%.

Zusammenfassung

Ausgehend von den Erfahrungen und Erkenntnissen über dezentrale Energieversorgungssysteme bzw. Inselnetze, welche fluktuierende Energiequellen nutzen, ist ein Autonomes, Modulares Energieversorgungssystem (AMOEVES) im Institut für Elektrische Energietechnik der TU Clausthal entwickelt worden. Dabei sind neben den technischen auch wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt worden.

Die gesetzten Ziele reichen von der Netzführung im Falle des Betriebes im Inselnetz bis hin zur Energiekonditionierung beim dezentralen Energieversorgungssystem mit Anschluß an das öffentliche Netz. Die Aufgabe der Netzführung konnte durch den Einsatz eines Kurzzeitspeichers mit selbstgeführtem Wechselrichter gelöst werden, welcher durch den elektrischen Vierquadrantenbetrieb für Blindleistungskompensation ohne ständig mitlaufende Dieselgeneratoren sowie für Glättung kurz- und mittelfristiger Wirkleistungsdifferenzen im Inselnetz sorgt. Die Frequenz wird fest vom Wechselrichter vorgegeben. Bei der Energiekonditionierung im dezentralen Energieversorgungssystem konnte mit leichter Modifikation der Regelstruktur dafür gesorgt werden, daß die

Leistungsflüsse ins bzw. aus dem öffentlichen Netz keine nennenswerten kurz- und mittelfristigen Schwankungen aufweisen.

Am konkreten Beispiel der Insel Ikaria konnte mit Hilfe der Simulation gezeigt werden, daß das AMOEVES auch eine Verbesserung des Nutzungsgrades der Windenergie von ca. 60% bei dem bestehenden Wind-Diesel-System auf 84% bei dem geplanten AMOEVES erzielt. Dies wurde trotz gleichzeitiger Erhöhung der heute installierten WEK-Leistung von 9% gegenüber der maximalen Last von 4 MW auf 86% erreicht. Die Stromerzeugungskosten konnten dadurch von 0,18 auf ca. 0,10 pro kWh reduziert werden.

Anm. d. Red.: Auf Wunsch können über die Verfasser die vollständigen Literaturangaben bezogen werden.

Dr.-Ing. Constantis Sourkounis
Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck
Institut für Elektrische Energietechnik
Leibnizstraße 28
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-2594 (Sourkounis)
05323/72-2570 (Beck)
Fax: 05323/72-2104

Dr.-Ing. J. Wenske
Schmiedesberg 2 b
21465 Reinbek

Effizienzsteigerung des öffentlichen Verkehrs

Mathematische Optimierungsmethoden können dazu beitragen, Planung und Betrieb öffentlicher Verkehrsnetze effizienter zu gestalten. Dies wird besonders deutlich bei der Gestaltung von Fahrplänen, die gewissermaßen das Produkt darstellen, das die Verkehrsbetriebe ihren Kunden anbieten. Auch heute werden Fahrpläne noch weitgehend von Hand erstellt, meist durch Anpassen vorhandener Pläne an geänderte Randbedingungen. Eine Optimierung findet kaum statt. Am Institut für Mathematik der TU Clausthal wurde ein Programmsystem ‚HiTT‘ entwickelt, mit dem optimale Fahrpläne für Verkehrsnetze erstellt werden können.

Bei der Fahrplanoptimierung ist zunächst ein grundsätzliches Problem zu lösen: es gibt kein einfaches Kriterium für ‚gute‘ und ‚schlechte‘ Fahrpläne. Ein ‚guter‘ Fahrplan muß einerseits die Wünsche der Kunden berücksichtigen, z.B. ein möglichst reibungsloses Umsteigen ermöglichen. Andererseits wird der Betreiber des Netzes nur solche Fahrpläne als ‚gut‘ ansehen, die einen wirtschaftlichen Betrieb ermöglichen, z.B. wenige Fahrzeuge oder Streckeninvestitionen erfordern. Daneben sind u.U. gesetzliche oder politische Vorgaben zu berücksichtigen.

Softwareinstrumente für die Fahrplanoptimierung müssen daher in der Lage sein, eine Vielzahl verschiedener Bewertungskriterien in die Optimierung einzubeziehen. Als Ergebnis erhält man im allgemeinen keinen einzelnen, optimalen Fahrplan, sondern eine Palette sogenannter ‚Pareto-optimaler‘ Alternativen (nach Vilfredo Pareto, 1848 – 1923), unter denen der Planer dann eine endgültige Auswahl treffen kann, u.U. unter Heranziehung zusätzlicher, nicht-formalisierter Kriterien. Vor- und Nachteile der Fahrplanalternativen werden in unserem Programmsystem in Form einer Kosten-Nutzen-Analyse deutlich gemacht.

Für die Optimierung der Fahrpläne kommen so-

Mathematische Optimierung in der Praxis

Genetisch optimierte Fahrpläne
und Kosten-Nutzen-Analysen für Verkehrsnetze

Von Michael Kolonko und Ophelia Engelhardt-Funke

genannte genetische Algorithmen zum Einsatz, die eine Art Aufzucht von Fahrplänen auf dem Rechner ermöglichen und für die Optimierung unter mehrfachen Zielsetzungen besonders geeignet sind. Der mathematische Kern des Verfahrens besteht u.a. aus einer genauen Analyse der komplexen stochastischen Abhängigkeiten in einem Verkehrsnetz und ihrer anschließenden Simulation. Verschiedene Verkehrsbetriebe und einschlägige Softwarefirmen haben bereits Interesse an dem System gezeigt.

Fahrpläne und ihre Bewertungen

Das System HiTT geht von einem festen Netz von Linien aus, auf denen Züge (oder andere Fahrzeuge) mit festen Takten verkehren. Ein Fahrplan F legt für jede Linie L die Abfahrtszeit $\pi(L, S)$ an jeder Station S und die Fahrzeit $\delta(S, S')$ bis zur nächsten Station S' fest (und damit auch die Ankunftszeit in S'). Diese Größen können bei der Optimierung also verändert werden.

Zu jedem Fahrplan F werden bis zu vier Bewertungen (Kostenfunktionen) berechnet: die Umsteigewartezeit, die erforderlichen Investitionen (Baukosten), die erforderliche Fahrzeuganzahl sowie die Robustheit unter Störungen. Diese Ko-

stenfunktionen sollen zunächst etwas näher erläutert werden.

Beim Umsteigen von der Linie L in die Linie L' an Station S entsteht abhängig vom Fahrplan F eine gewisse Wartezeit $w_F(L, L', S)$. Die Umsteigewartezeit $W(F)$ des Fahrplans F ist die Summe der $w_F(L, L', S)$ über alle Umsteigebeziehungen (L, L', S) , wobei diese Zeiten noch mit der geschätzten Anzahl der Fahrgäste gewichtet werden können. Bemerkenswert ist hierbei, daß für die Bestimmung der $w_F(L, L', S)$ die Wartezeit beim Umsteigen von einem beliebigen Zug der Linie L in den nächsten Zug der Linie L' genommen werden kann. Man kann zeigen, daß sich die Wartezeiten zwischen unterschiedlichen Zügen der Linien nur um eine Konstante unterscheiden, die nicht vom Fahrplan abhängt und daher auch nicht in die Kostenfunktion einzugehen braucht.

Selbst in sehr einfachen Netzen ist es oft nicht möglich, nur durch Abstimmung der Abfahrtszeiten der Linien die Umsteigewartezeiten beliebig zu verringern. Das Netz in **Bild 1** hat vier Linien und vier Umsteigemöglichkeiten. Die Fahrzeiten (in Min.) stehen an den Strecken; die Züge sollen im 60-Min.-Takt verkehren. Die Abfahrtszeiten in den ovalen Startstationen sind so gewählt, daß an drei der vier rechteckigen Umsteigestationen keine Wartezeiten auftreten. An der vierten Station aber treten Wartezeiten von 25 bzw. 35 Min. auf. Dies läßt sich auch durch eine andere Wahl der Abfahrtszeiten nicht vermeiden, da man zeigen kann, daß die Summe der Fahr- und Wartezeiten in einem Kreis immer ein Vielfaches der Linien-Periode ist. Hier beträgt die Fahrzeitsumme im Kreis gerade $(40+55-25-45)$ Min. = 25 Min. Eine Verringerung läßt sich nur durch eine Verkürzung der Fahrzeit z.B. auf der gewundenen Strecke von 55 Min. auf 30 Min. erzielen.

Will man Fahrpläne mit geringen Umsteigewartezeiten erhalten, muß man daher u.U. auch die Fahrzeiten auf den Strecken verändern. Dazu sind Ausbaumaßnahmen auf den betreffenden Strecken durchzuführen, z.B. Modernisierung von Weichen oder Bahnübergängen. Für jede Strecke (S, S') des Netzes muß ein grober Katalog von möglichen Ausbaumaßnahmen mit Kostenschätzungen und den jeweils erzielbaren Fahrzeitverkürzungen vorliegen. Die für Fahrplan F ▶

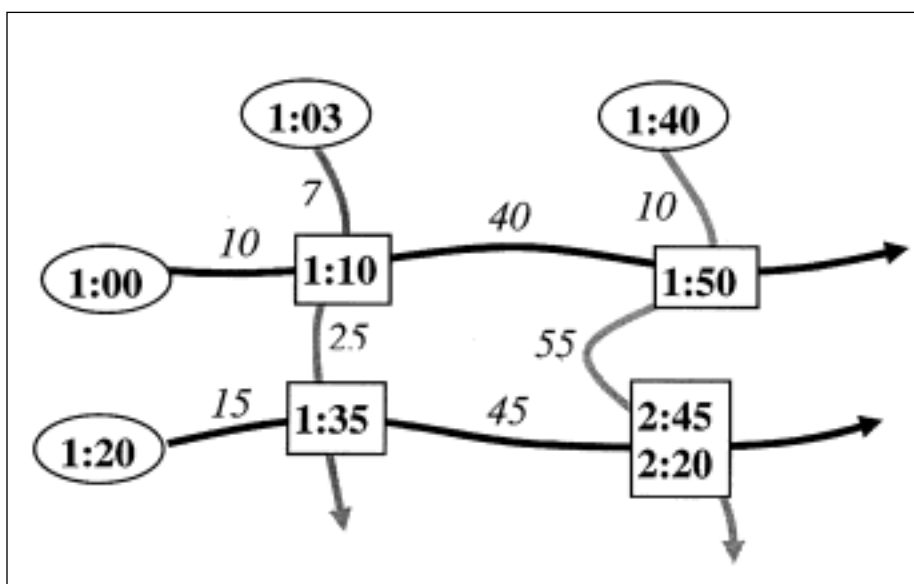


Bild 1: Umsteigen in einem einfachen Streckennetz kann sehr kompliziert sein.

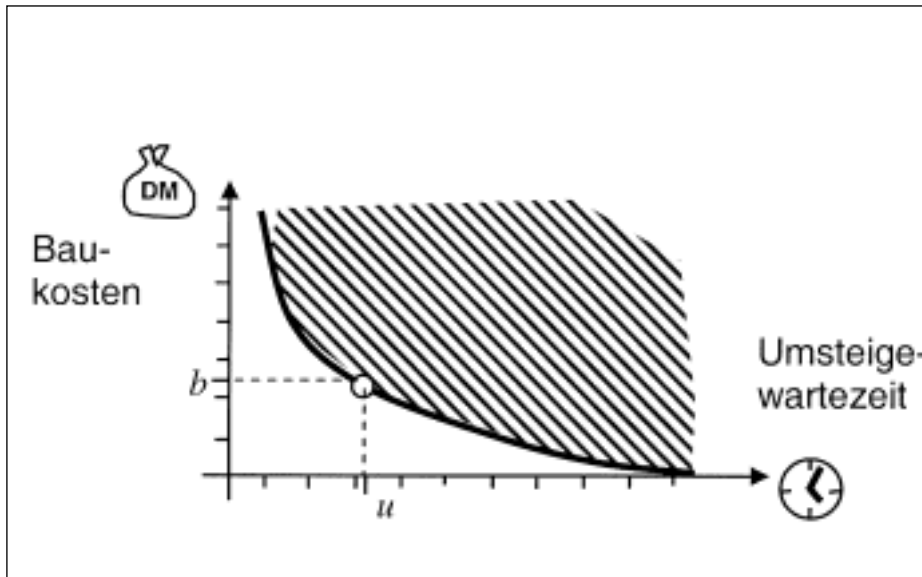


Bild 2: Die Kostenfunktionswerte der Pareto-optimalen Fahrpläne bilden eine Kosten-Nutzen-Kurve.

erforderlichen Investitionen oder **Baukosten** $B(F)$ ergeben sich als die Summe über die Kosten aller Baumaßnahmen, die auf allen Strecken (S, S') zum Erreichen der dort vorgesehenen Fahrzeit $\delta(S, S')$ mindestens erforderlich sind.

Die **Fahrzeuganzahl** $U(F)$ ergibt sich aus der minimalen Zahl von Fahrzeugumläufen, mit denen der Fahrplan unter Berücksichtigung verschiedener Nebenbedingungen (Wendezeiten) abgedeckt werden kann. Für dieses Teilproblem existiert eine (klassische) mathematische Lösung mittels linearer Optimierung.

Die Stabilität bzw. **Robustheit** $R(F)$ eines Fahrplans F wird durch die mittlere Umsteigewartezeit beschrieben, die zu beobachten ist, wenn auf den

Strecken und an den Stationen kleinere Verzögerungen auftreten können, wie sie für das reale Fahrgeschehen typisch sind. Fahrpläne, die eine geringe fahrplanmäßige Umsteigewartezeit $W(F)$ haben, sind meist sehr empfindlich gegen derartige Störungen, da die fahrplanmäßigen Wartezeiten auch als Puffer für kleinere Verspätungen dienen. Werden diese Puffer 'wegoptimiert', so führen bereits kleine Verspätungen dazu, daß Anschlußzüge verpaßt werden oder Anschlußzüge auf verspätete Zubringer warten müssen und sich die Verspätung so fortpflanzen kann. Die mathematische Analyse von Verspätungen in Netzen ist außerordentlich kompliziert. Mit Hilfe der Warteschlangentheorie konnte jetzt ein verein-

fachtes Modell der Verspätungsakkumulation entlang von Streckenabschnitten ermittelt werden, das es erlaubt, die tatsächlich auftretenden mittleren Umsteigewartezeiten mit wesentlich reduziertem Aufwand zu simulieren.

Optimale Fahrpläne

Ein Fahrplan F wird also durch (bis zu) vier Kostenfunktionen $W(F)$, $B(F)$, $U(F)$ und $R(F)$ bewertet. Diese Bewertungen sind z.T. zuwiderlaufend: Möchte man z.B. die Fahrzeuganzahl $U(F)$ senken, ohne die Wartezeit $W(F)$ zu erhöhen, so muß man verstärkt in den Ausbau der Strecken investieren, d.h. $B(F)$ erhöhen. Unter diesen Umständen wird es i.a. keinen Fahrplan F geben, der alle Kostenfunktionen minimiert. Stattdessen sucht man nach den sog. **Pareto-optimalen** Lösungen. Dies sind Fahrpläne, die von keinem anderen Fahrplan in allen Kostenfunktionen unterboten werden können. Betrachtet man z.B. die beiden Bewertungskriterien Baukosten $B(F)$ und Umsteigewartezeit $W(F)$, so zeigt **Bild 2** die Menge der Kostenpunkte $(W(F), B(F))$ aller möglichen Fahrpläne als schraffierte Fläche. Die fett gedruckte Kurve markiert die in diesem Beispiel Pareto-optimalen Fahrpläne, zu denen es keine anderen gibt, die in beiden Koordinaten bessere Werte erzielen. Bei der Auswahl eines Fahrplans würde man sich sinnvollerweise auf Fahrpläne von dieser Kurve beschränken.

Die Kostenfunktionswerte Pareto-optimaler Fahrpläne bilden Kurven bzw. bei mehr als zwei Bewertungen Flächen, die für (mehrdimensionale) Kosten-Nutzen-Analysen benutzt werden können. In Bild 2 kann man z.B. ablesen, welche Umsteigewartezeit u im Netz mindestens anfällt, wenn man eine bestimmte Summe b in das Streckennetz investiert. Ein Pareto-optimaler Fahrplan mit Baukosten 0 liefert also z.B. minimale Wartezeit ohne zusätzliche Investitionen. Um-

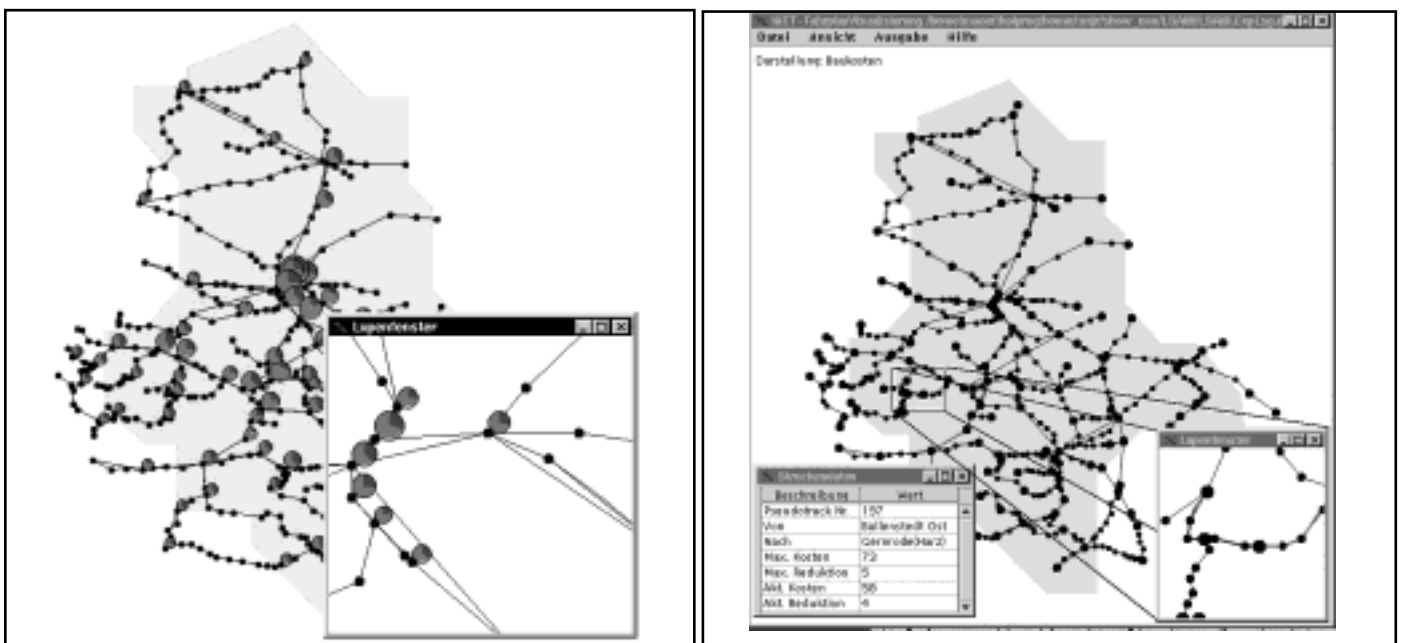


Bild 3: Für jeden Fahrplan kann die Aufteilung der Umsteigewartezeiten (links) und die erforderlichen Baumaßnahmen (rechts) angezeigt werden.

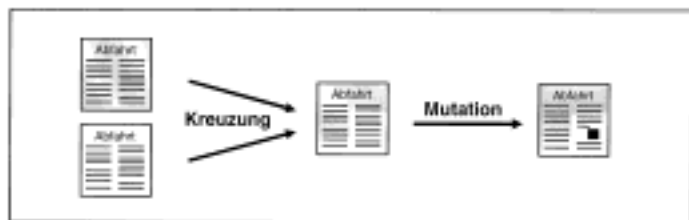


Bild 4: Zur Erzeugung von ‚Nachkommen‘ werden zwei zufällig ausgewählte Fahrpläne zu einem neuen Fahrplan rekombiniert und einer kleinen zufälligen Änderung unterworfen.

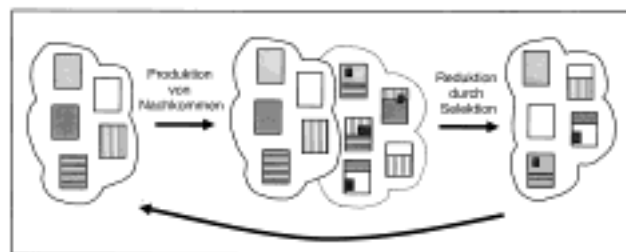


Bild 5: Eine zufällig erstellte Startpopulation von Fahrplänen wird durch Zyklen von Produktion und Reduktion verbessert.

gekehrt kann man ablesen, wieviel es kostet, eine bestimmte obere Schranke an Wartezeit nicht zu überschreiten oder sogar eine Gesamtwartezeit 0 zu erreichen (der sog. Integrale Taktfahrplan).

Unser Programmsystem HiTT berechnet näherungsweise Pareto-optimale Fahrpläne und bereitet die Ergebnisse so auf, daß die Wartezeiten an den Stationen und die erforderlichen Baumaßnahmen genau abzulesen sind; **Bild 3** zeigt hierzu einen Bildschirmausschnitt. Dabei beobachtet man häufig, daß sich die optimale Allokation der Baumaßnahmen im Netz bei einer geringfügigen Änderung der Gesamtinvestitionssumme stark verändert. Diese durch die Netzstruktur und die Periodizität der Linien hervorgerufenen Unstetigkeiten können von menschlichen Planern kaum erkannt werden.

Optimierung mit Genetischen Algorithmen

Die Berechnung der Pareto-optimalen Fahrpläne ist außerordentlich komplex und mit klassischen mathematischen Methoden wie z.B. linearer oder konvexer Optimierung kaum zu bewältigen. Diese Verfahren sind insbesondere dann nicht mehr einsetzbar, wenn Teile der Kostenfunktionen, wie bei der Wartezeit unter Störungen, nur simuliert werden können. In dem Programmsystem HiTT werden für die Optimierung moderne Methoden des sog. soft-computing, vor allem genetische Algorithmen eingesetzt.

Genetische Algorithmen sind der biologischen Evolution nachempfunden. Eine ‚Population‘ von Fahrplänen wird auf dem Rechner erzeugt und iterativ verbessert. Dazu werden durch Kreuzung und Mutation von Fahrplänen ‚Nachkommen‘, d.h. neue Fahrpläne erzeugt, die einige Eigenschaften ihrer ‚Eltern‘ erben. Eine Kreuzung zweier Fahrpläne F_1, F_2 kann z.B. so aussehen, daß für eine zufällig gewählte Zahl von Stationen Fahrplan F_1 benutzt wird und für den Rest der Stationen Fahrplan F_2 . Eine kleine zufällige Änderung einiger Abfahrts- und Fahrzeiten stellt eine Mutation dar (vgl. **Bild 4**). Die durch die Nachkommen vergrößerte Population wird nun einer Selektion unterworfen, an deren Ende wieder eine Population der ursprünglichen Größe steht. Dazu werden diejenigen Fahrpläne ausgewählt, die bezüglich der Bewertungskriterien gute Werte erzielen (Selektion der ‚fittesten‘). Diese Population wird nun als Aus-

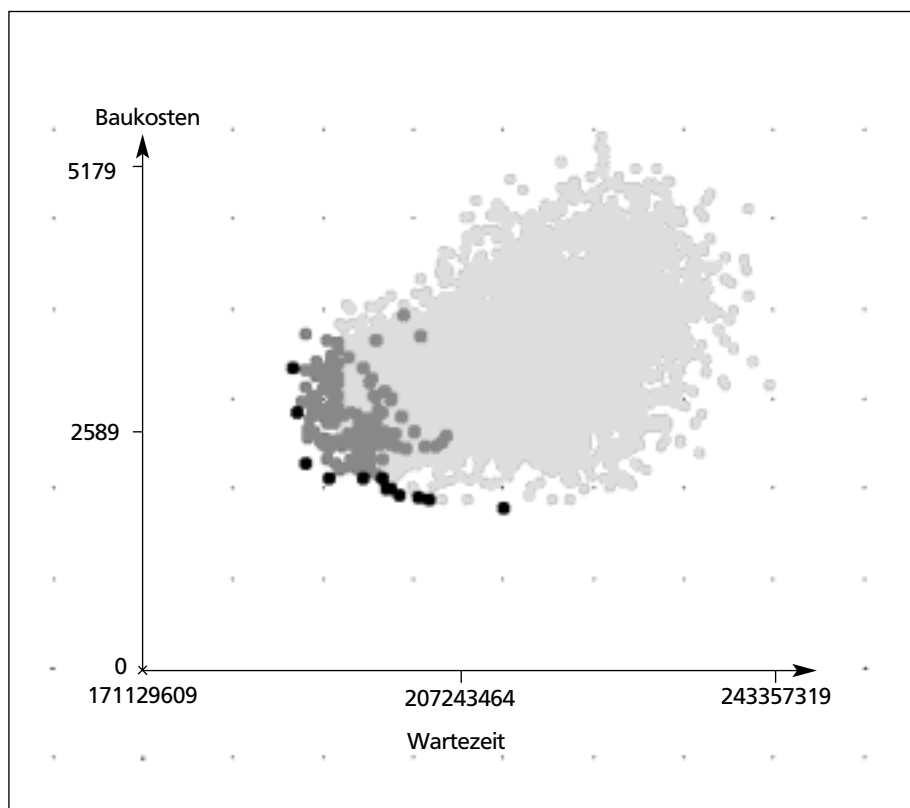


Bild 6: Die Entwicklung der Population kann am Bildschirm verfolgt werden.

gangspunkt für die Produktion neuer Nachkommen benutzt. Beginnend mit einer Population von zufällig ausgewählten Fahrplänen, setzen sich so nach einer gewissen Anzahl von ‚Generationen‘ gute Fahrpläne durch (vgl. **Bild 5**).

Die gleichmäßige Berücksichtigung der verschiedenen Bewertungskriterien wird durch eine flexible Wahl der ‚Fitneß‘funktion erreicht, durch die die Richtung des Selektionsdrucks gesteuert wird. Gleichzeitig kann dadurch erreicht werden, daß die von der Population gebildete Punktwolke sich auf möglichst breiter Front gegen den Nullpunkt bewegt, um so eine möglichst gute Approximation der Pareto-optimalen Fläche zu erzielen.

In dem Programmsystem HiTT kann dieser Vorgang graphisch veranschaulicht werden. Dabei werden die Kostenfunktionspunkte der Population als eine mehrdimensionale Wolke von Punkten in dem durch Kostenfunktionen bestimmten Raum

dargestellt. In **Bild 6** wird die Entwicklung von Umsteigewartezeit und Baukosten gezeigt. Die hellgrauen Punkte gehören zu Fahrplänen, die bereits in früheren Generationen nicht ‚überlebt‘ haben. Die dunkelgrauen Punkte gehören zu den Fahrplänen der aktuellen Population, während die schwarzen Punkte die aktuell ‚Pareto-besten‘ Fahrpläne markieren. Durch wiederholte Programmläufe kann so eine breite Front von Pareto-optimalen Fahrplänen erzeugt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem hier beschriebenen Instrument können Fahrpläne für Verkehrsnetze auf einem relativ abstrakten Planungslevel (d.h. ohne Berücksichtigung der genauen Streckenführung etc.) berechnet werden. Weitere Kostenfunktionen können ohne weiteres hinzugefügt werden. Die zum Einsatz kommenden modernen Optimierungsverfahren

sind in der Lage, auch sehr komplexe Probleme, z.B. mit mehrdimensionalen Zielsetzungen, zu behandeln.

Dieses Projekt ist gleichzeitig typisch für die Arbeit in dem Studiengang **Wirtschaftsmathematik**, in dem Mathematik, Informatik und Wirtschaftswissenschaften kombiniert werden. Grundkenntnisse des Anwendungsbereichs (hier Verkehrswesen) werden benötigt für das Ver-

ständnis der Fragestellung und für die Identifizierung relevanter Parameter. Vertiefte Kenntnisse der angewandten Mathematik ermöglichen die Formulierung eines adäquaten mathematischen Modells und die Auswahl geeigneter Algorithmen. Die praktische Umsetzung auf dem Rechner erfordert schließlich Kenntnisse der modernen Methoden der Informatik.

Prof. Dr. rer.nat. Michael Kolonko

Dipl.-Math. Ophelia Engelhardt-Funke

Institut für Mathematik

Erzstraße 1

38678 Clausthal-Zellerfeld

Tel.: 05323/72-2410 (Kolonko)

05323/72-2419 (Engelhardt-Funke)

Fax: 05323/72-2304



Untersuchungen im gesteinsmechanischen Labor

Tragwerksplanung und Sicherheitsbeurteilung für Untertagebauwerke

Von Uwe Düsterloh und Karl-Heinz Lux

Die Bewertung von Standsicherheit, Langzeitsicherheit und Integrität untertägiger Grubenbaue des Berg- und Kavernenbaus wie auch des Deponie- und Endlagerbaus im Salinargebirge basiert auf der Gegenüberstellung vorhandener bzw. berechneter Beanspruchungen mit den vom Konstruktionsmaterial „Gebirge“ ertragbaren Beanspruchungen. Gegenüber künstlichen Baustoffen wie beispielsweise Stahl oder Beton ist das Baumaterial „Salinargebirge“ im Rahmen geologischer Gebirgsbildungsprozesse entstanden. Abhängig von der Gebirgsformation und innerhalb einer Gebirgsformation von der Entnahmelokation ist das den Untergrund aufbauende Gebirge daher gekennzeichnet durch eine gegenüber künstlichen Baustoffen vergleichsweise große Streubreite in den mechanisch-hydraulischen Kennwerten. Aufgabe der gesteinsmechanischen Laborversuche ist es, das für die Tragwerksplanung und die damit verbundene Beurteilung der Standsicherheit und Integrität hydrogeologischer Schutzschichten er-

forderliche mechanisch-hydraulische Materialverhalten für einzelne Homogenbereiche zu charakterisieren und Parameter und Kriterien für die Beurteilung der Gebirgstragfähigkeit abzuleiten.

Gesteinsmechanische Laborversuche – mehr als nur eine Qualitätskontrolle

Die Bedeutung gesteinsmechanischer Laboruntersuchungen kann sehr anschaulich durch einen Vergleich mit dem konstruktiven Ingenieurbau aufgezeigt werden. Dimensionierungsaufgaben im konstruktiven Ingenieurbau sind gekennzeichnet durch die Verwendung von Baustoffen, d.h. künstlichen Materialien mit reproduzierbaren, homogenen mechanischen Eigenschaften. Diese Baustoffe wie z.B. Beton oder Stahl werden auf der Basis detailliert vorgegebener Produktionsprozesse hergestellt und besitzen daher ein durch Normung festgelegtes Festigkeits- und Verformungsverhalten (Mindestanforderungen oder Bandbreite). Demgegenüber ist der Baustoff

Salinargebirge in geologischen Zeiträumen den natürlichen Bildungsbedingungen und den geotektonischen Überprägungsbedingungen unterliegend entstanden. Die Materialeigenschaften der Salinargesteine variieren daher abhängig von ihrer natürlichen Zusammensetzung und ihrer Genese faziesabhängig und auch innerhalb einer Fazies über eine vergleichsweise große Bandbreite. Diese qualitätsgesicherte Bandbreite der Materialeigenschaften ist regelmäßig standortbezogen auf der Grundlage von laborativen Untersuchungen abzuleiten, die allerdings lediglich „Nadelstiche“ in der Lagerstätte bzw. in dem relevanten Gebirgsbereich eines Untertagebauwerkes bedeuten.

Ein zweiter wesentlicher Unterschied zum konstruktiven Ingenieurbau resultiert aus dem komplexen Materialverhalten der Salinargesteine. Während die Kombination der im konstruktiven Ingenieurbau eingesetzten Baustoffe und vorliegenden Belastungsbedingungen vornehmlich eine zeitunabhängige Tragwerksbemessung erlaubt, zeigen die chloridischen Salinargesteine unter in situ-Beanspruchungen ein ausgeprägt nicht-lineares, sowohl zeit-, spannungs- und temperaturabhängiges wie auch rate-sensitives Materialverhalten. Als Folge dieses sehr komplexen Materialverhaltens müssen einerseits die grundsätzlichen Materialeigenschaften zur qualitativen und quantitativen Charakterisierung des Spannungs-/ Verformungsverhaltens in Abhängigkeit von

- Spannungsniveau,
- Spannungsgeometrie (Kompression/Extension),
- Spannungsrate/Verzerrungsrate,
- Temperatur und
- Zeit

laborativ bestimmt werden. Zum anderen sind auch die abhängig von der jeweiligen Beanspruchungsart und den Milieubedingungen ertragbaren Beanspruchungen festzulegen, um Krite- ▶

rien und Grenzwerte zur Bewertung berechneter Beanspruchungen formulieren zu können.

Schließlich ist die Kombination der für die untertägigen Tragwerke eher ungünstigen Randbedingungen *komplexes Materialverhalten, große Streubreite und geringe Aufschlußrate* vor dem Hintergrund der jeweiligen Bemessungsaufgabe zu bewerten. Während im konstruktiven Ingenieurbau das Tragsystem regelmäßig in seiner endgültigen geometrischen Konfiguration erstellt wird und jeweils definierte Lasten vorliegen, ist das Tragsystem im Salinalgestein gekennzeichnet durch ein infolge der vorhandenen Gebirgsspannungen vorbelastetes Gebirge als Konstruktionselement, wobei diese primären Gebirgsspannungen eher weniger genau bekannt sind. Weiterhin erfolgt in vielen Fällen eine kontinuierliche Veränderung der Tragwerksgeometrie infolge Auffahrung, Gewinnung, Nutzung und Versatz von Grubenbauen. U.a. aus dieser dynamischen Änderung des Tragsystems werden im Verlauf der Standzeit Spannungsumlagerungen im Gebirge induziert. Spannungsumlagerungen im Gebirge resultieren weiterhin aus dem viskosen Materialverhalten und aus kontumnahen Entfestigungen des Salinalgebirges. Eine den in situ-Verhältnissen entsprechende Berechnung der zeitlich-räumlichen Spannungsumlagerungen kann hinreichend realitätsnah nur auf der Grundlage lokationsbezogener Stoffparameter erfolgen.

Für den Bereich des Deponie- und Endlagerbaus im Salinar wird die Bedeutung gesteinsmechanischer Untersuchungen durch zwei weitere Gesichtspunkte noch verstärkt. Im Gegensatz zum konstruktiven Ingenieurbau mit Überwachungs- und Nachbesserungs-(Reparatur-)möglichkeiten sind die Nachweiszeiträume im Deponie- und Endlagerbau nicht auf technische Zeiträume von wenigen 100 Jahren beschränkt, sondern der sicherheitliche Nachweis ist von vornherein insbesondere für die abdichtenden Tragwerksteile – und hierzu gehören insbesondere geologische und geotechnische Barrieren – auf die zeitliche Größenordnung von mehreren tausend Jahren auszuweiten. Für darüber hinausgehende Zeiträume sind Berechnungen zum Anlagenverhalten vorzusehen. Ertüchtigungsmaßnahmen bei Fehleinschätzungen und nicht planmäßigem Tragwerksverhalten sind nach Stilllegung der Abfallbeseitigungsanlagen nicht vorgesehen. Allerdings wird die dauerhafte nachsorgefreie Sicherheit der Anlage gegen Schadstofffreisetzung erwartet. Hinzu kommt, daß sich die Anforderungen an die gesteinsmechanischen Untersuchungen nicht mehr nur auf die mechanischen Eigenschaften beschränken, sondern mit Blick auf den Nachweis der Untertagedeponie- bzw. Endlagerintegrität gegenüber dem Zutritt/Austritt von Lösungen und Gasen (Barrierenintegrität, Verschlusssysteme/Umläufigkeit) zusätzlich die mechanisch-hydraulischen Wechselwirkungen charakterisiert werden müssen. Zu ermitteln ist beispielsweise die beanspruchungsbedingte Gebirgsauflockerung (Dilatanz), die Ursache ist für die Ausbildung von Sekundärpermeabilitäten im kontumnahen Gebirge.

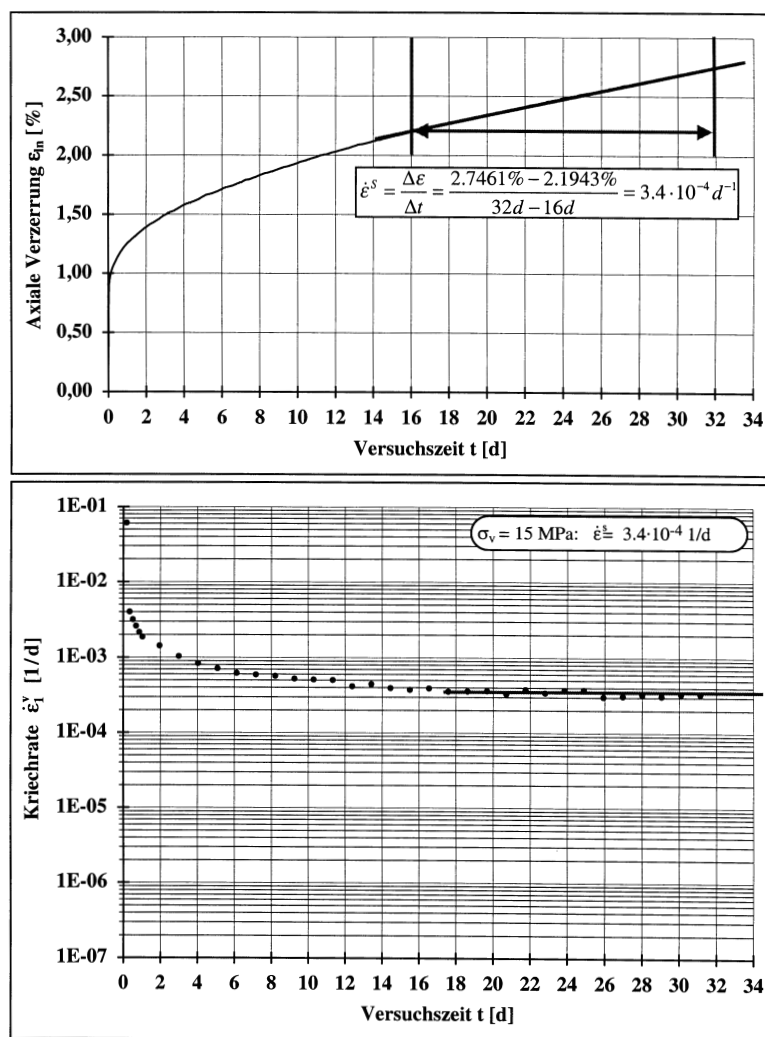


Bild 1: Exemplarische Kriechkurve

Prüfmaschinenbau – Voraussetzung für die Erarbeitung von lokations- und bauwerksbezogenen Entwurfs- und Nachweiskonzepten

Die vorstehend skizzierten besonderen Randbedingungen für gesteinsmechanische Untersuchungen im salinaren Untertagebau sind ursächlich dafür, daß abgesehen von einigen grundsätzlichen Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) keine Normen für die Durchführung und Auswertung der Laborversuche existieren. Es ist Aufgabe des planenden Ingenieurs, die Laboruntersuchungen der jeweiligen speziellen Situation der Entwurfsaufgabe und des gewählten Nachweiskonzeptes entsprechend anzupassen. Dabei beschränkt sich die Auslegung der Versuchsprogramme nicht nur auf die Festlegung der Versuchstechnik und die Anzahl der erforderlichen Untersuchungen, sondern beinhaltet in zunehmendem Maße auch konstruktive Änderungen und Erweiterungen der Untersuchungsapparaturen selbst. Hauptaufgabe gesteinsmechanischer Untersuchungen im

salinaren Untertagebau ist somit nicht die Qualitätskontrolle definierter, durch Normung vorgegebener Materialeigenschaften. Vielmehr sind die standortbezogen vorliegenden Eigenschaften und daraus die für die Tragwerksplanung benötigten Parameter im Rahmen einer Erkundung der standortbezogenen Verhältnisse laborativ in hinreichendem Maße verlässlich zu ermitteln. Sie sind daher ein wesentliches Element des Entwurfs- und Nachweiskonzeptes, ohne das weder eine den in-situ Verhältnissen entsprechende Prognose des Tragwerksverhaltens möglich ist noch eine Aussage für die Zuverlässigkeit der durch Auffahrung, Mineralgewinnung, Grubenbaunutzung und Versatz induzierten Spannungs- und Verformungszustände unter dem Gesichtspunkt des Standsicherheitsnachweises getroffen werden kann. Bedingt durch das zeitabhängige Materialverhalten von Salinalgesteinen kann die Methodik gesteinsmechanischer Untersuchungen durch eine grobe Zweiteilung in Langzeitversuche (Kriechversuche) und Kurzzeitversuche (Festigkeitsversuche) untergliedert werden. ▶

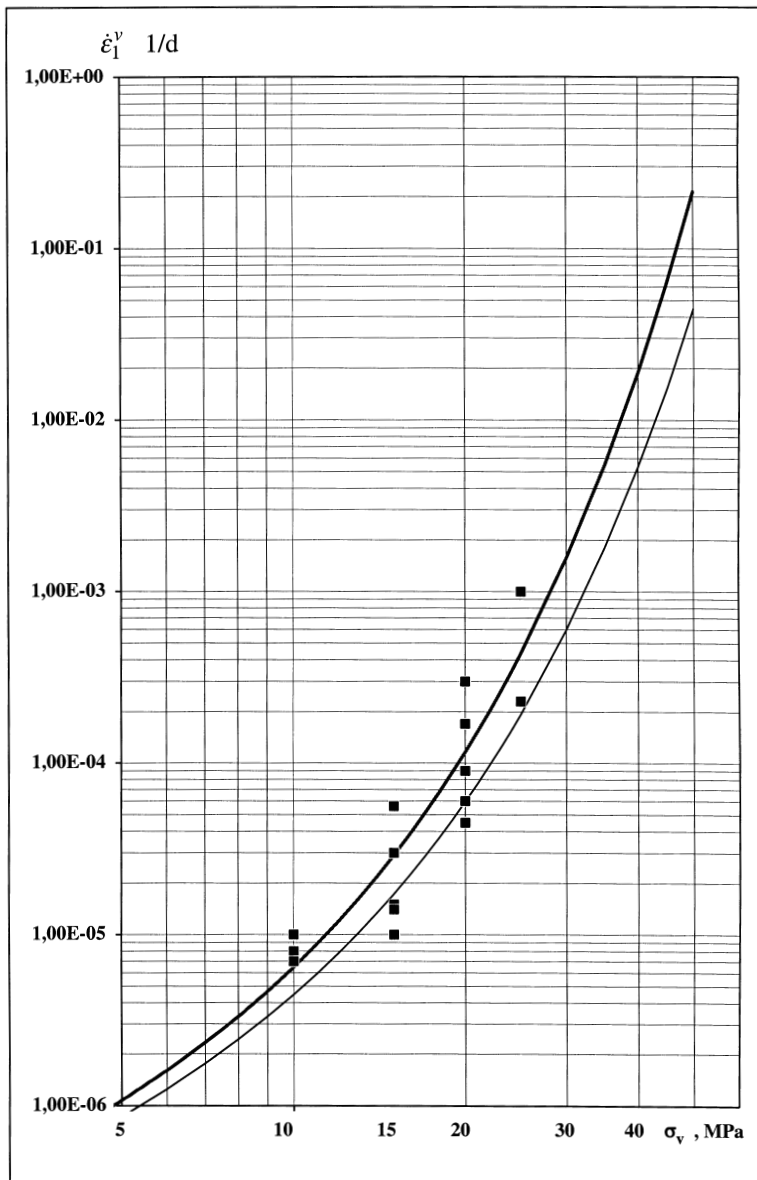


Bild 2: Stationäre Kriechraten in Abhängigkeit von der Beanspruchung

Versuchszeiten von wenigstens 1 bis 2 Monaten für die Ermittlung des Kriechvermögens viskoser Gesteine

Hinsichtlich der Charakterisierung der viskosen Eigenschaften werden im Rahmen von ein- und triaxialen Kriechversuchen somit faziesbezogen die von der Beanspruchungshöhe und der Temperatur abhängigen transienten und stationären Kriecheigenschaften bestimmt. Dazu werden aus Bohrkernmaterial zylindrische Prüfkörper mit planparallelen Endflächen und glatter Mantelfläche hergestellt, mit einer konstanten axialen und lateralen Spannung beansprucht und die axiale Verzerrung meßtechnisch erfaßt. Zur Gewährleistung konstanter Spannungen ist die infolge der Stauchung der Prüfkörper resultierende Querschnittsvergrößerung der Prüfkörper durch eine entsprechende Erhöhung der Axialspannung zu

kompensieren. Gemäß der in **Bild 1** gezeigten Versuchskurve kann nach einer Versuchszeit von ca. 1 bis 2 Monaten eine je Zeitinkrement etwa linear zunehmende Verformung beobachtet werden, deren Ableitung als stationäre Kriechrate bezeichnet wird.

Die unmittelbar nach Lastaufgabe zu beobachtende überlinear zunehmende Axialstauchung kennzeichnet die transiente Kriechphase. Sie ist charakterisiert durch die absolute Größe der Kriechdeformation, die Zeitdauer bis zum Übergang in die stationäre Kriechphase und die von der Zeit abhängige überlineare Zunahme der Verformung. Sowohl die transiente wie auch die stationäre Kriechrate sind abhängig vom Spannungsniveau, von der Temperatur und von der Salzgesteinsfazies und können für eine lokationsbezogene Fazies über eine Bandbreite von bis zu etwa einer Größenordnung variieren. Zur meßtech-

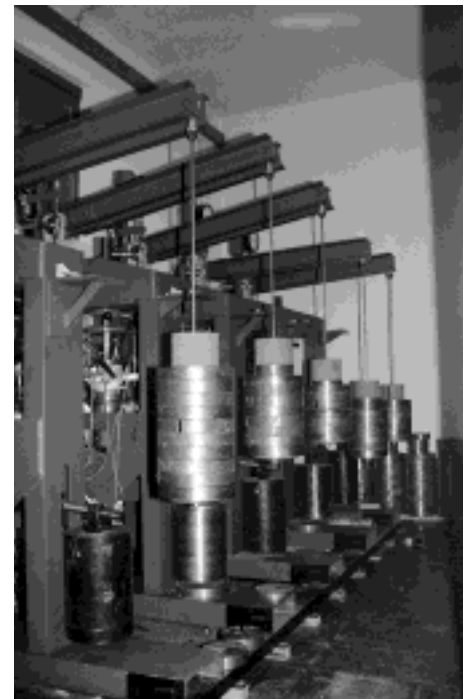


Bild 3: Prüfstand für Kriechversuche (triaxial)

nischen Ermittlung der Spannungsabhängigkeit der Kriechrate werden Kriechversuche bei variierten Deviatorspannungen durchgeführt. **Bild 2** zeigt exemplarisch die meßtechnisch bei verschiedenen Deviatorspannungen ermittelten Kriechraten einer Salzgesteinsfazies einer Lokation. Zusätzlich eingetragen sind aus den Meßwerten abgeleitete Ausgleichsfunktionen für die stationären Kriechraten. Die Ausgleichsfunktionen beschreiben die stationäre Kriechrate als Funktion der Spannung mit dem Stoffmodell *LUBBY2*. ▶



Bild 4: Prüfstand für Kriechversuche (einaxial)

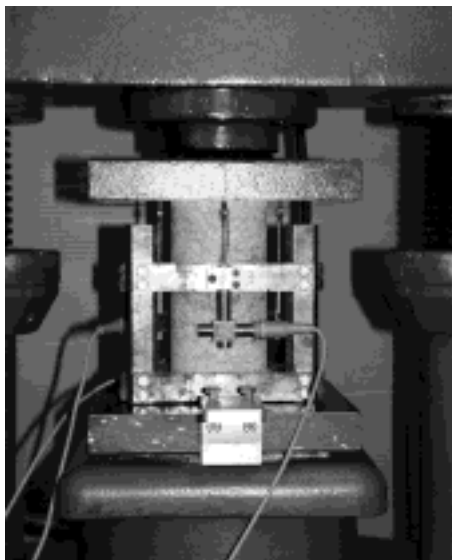


Bild 5: Prüfstand für Festigkeitsversuche (einaxial)



Bild 6: Prüfstände für triaxiale Festigkeits- und Kriechversuche

Parallelisierung von Langzeitversuchen durch Mehrfachinstallation von Prüfständen

Angesichts der aufgezeigten Streubreite der Kriechraten einzelner Versuche in Kombination mit der erforderlichen Versuchszeit von wenigstens etwa 30 Tagen für die Festlegung der Kriechcharakteristik ist es Aufgabe der Versuchstechnik, in vertretbaren Zeiträumen eine hinreichend repräsentative Anzahl an Kriechversuchen durchzuführen. Voraussetzung hierfür ist die Parallelisierung der Versuche. Für triaxiale Kriechversuche erfolgt die Parallelisierung durch eine mehrfache Installation von Prüfanlagen (**Bild 3**).

Bei einaxialer Belastung wird die erforderliche Parallelisierung zur Steigerung der Versuchsanzahl je Zeitbereich dadurch realisiert, daß entsprechend **Bild 4** zusätzlich zur Mehrfachinstallation von Prüfständen mehrere Prüfkörper zeitparallel in einem Belastungsrahmen untersucht werden.

Triaxiale Kompressions- und Extensionsversuche zur Charakterisierung der Bruchfestigkeit

Zur Charakterisierung der vom jeweiligen Salinargestein ertragbaren Beanspruchungen (Spannungen/Verformungen) werden ein- und triaxiale Kurzzeitversuche durchgeführt. Ein Hauptziel der Kurzzeitversuche ist es, die Bruchfestigkeit für grundsätzlich beliebige Beanspruchungsbedingungen abzuleiten. Zur Festlegung der Bruchfestigkeit unter einaxialer Beanspruchung werden zylindrische Prüfkörper mit planparallelen Endflächen zwischen die kopf- und fußseitigen Druckplatten eines Belastungsrahmens (**Bild 5**) eingebaut und mit einer konstanten Verzerrungsrate in der Größenordnung von $\dot{\epsilon} = 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$ bis 10^{-5} sec^{-1} bis zum Erreichen der Maximalbeanspruchung, u.U. auch darüber hinaus, in den Restfestigkeitsbereich hinein belastet.

Die Ermittlung der triaxialen Bruchfestigkeit erfolgt vorwiegend an zylindrischen Prüfkörpern in Autoklaven (**Bild 6**), selten auch durch dreiaxiale Versuche an würfelförmigen Prüfkörpern.

Bei Einsatz von Autoklaven werden die zylindrischen Prüfkörper mit einer Gummiummantelung zum Schutz gegen eindringendes Druckmedium versehen. Nach dem Einbau der Prüfkörper in die Triaxialzelle erfolgt zunächst eine ca. 24stündige Rekompaktions- und Temperierphase unter einer isotropen Beanspruchung im Niveau der in situ Spannung der Entnahmelokation. Ziel der Rekompaktions- und Temperierphase ist es, mögliche Schädigungen, die die Prüfkörper im Zuge der Bohrkerngewinnung und der Prüfkörperherstel-

lung erfahren haben, zu verheilen.

Durch die Temperierung wird sichergestellt, daß die Festigkeit unter den in situ anstehenden Temperaturen bestimmt wird. Im Anschluß an die Rekompaktionsphase erfolgt der eigentliche Triaxialversuch, in dem ausgehend vom Niveau der vorgegebenen Mantelspannung die Axialspannung bei konstantem Manteldruck und einer gleichbleibenden Stauchungsrate in der Größenordnung von $\dot{\epsilon} = 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$ bis 10^{-5} sec^{-1} bis zum Bruch bzw. bis zum Erreichen einer vorgegebenen maximalen Stauchung gesteigert wird. **Bild 7** zeigt beispielhaft die Arbeitskennlinie eines triaxialen Kompressionsversuches. Triaxialversuche werden regelmäßig bis in den Nachbruchbe-

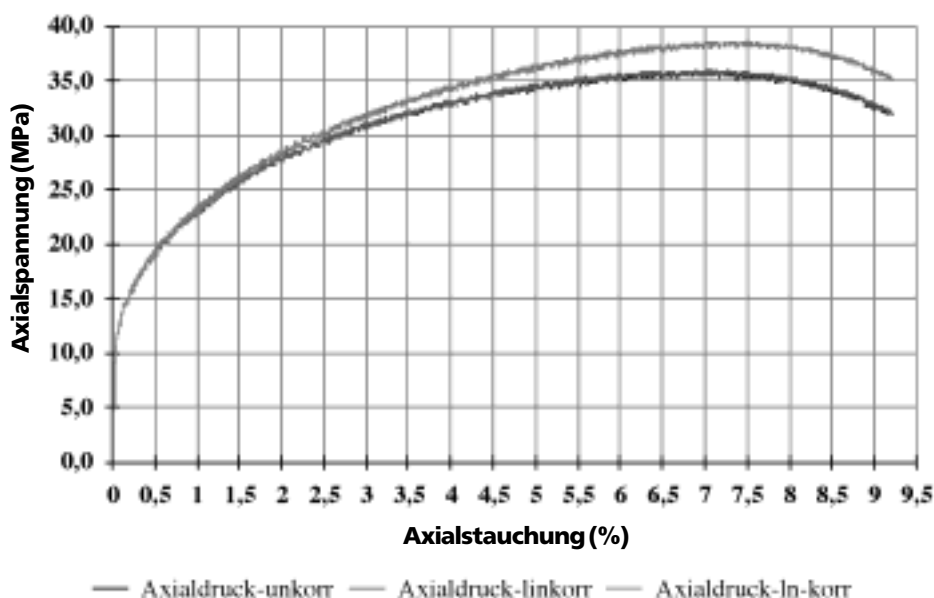


Bild 7: Arbeitskennlinie für Steinsalz und Bruchfestigkeit bei TC-Beanspruchung (Triaxial Compression)

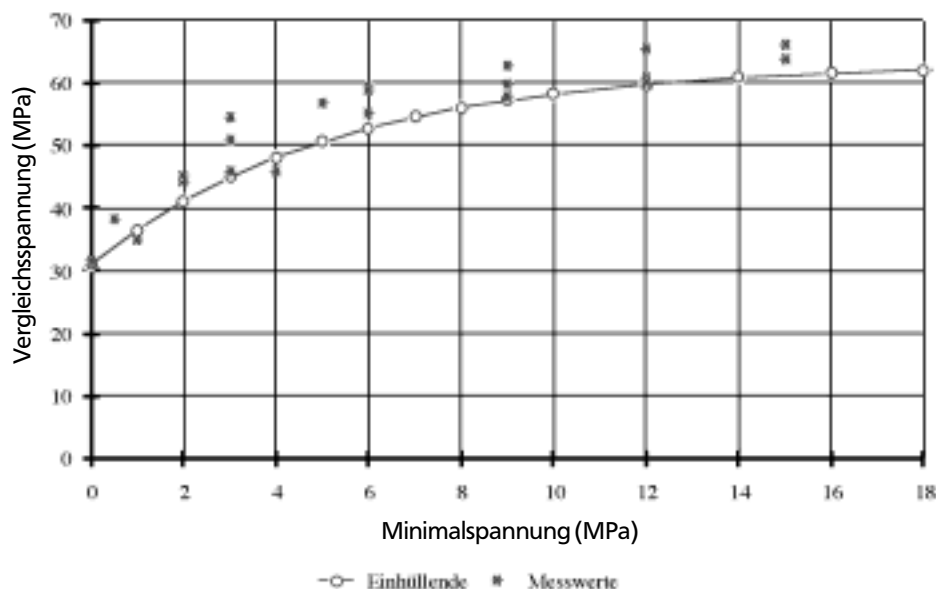


Bild 8: Bruchfestigkeit bei TC-Beanspruchung in Abhängigkeit von der Minimalspannung

reich hinein gefahren.

Zur Ableitung der Bruchfestigkeit für grundsätzlich beliebige Kompressionsbeanspruchungen werden Triaxialversuche unter variierten Manteldrücken durchgeführt. **Bild 8** zeigt exemplarisch die im Rahmen triaxialer Kompressionsversuche ermittelten Bruchfestigkeiten der einzelnen Prüfkörper sowie eine untere Grenzkurve, die die gemessenen Bruchfestigkeiten nachweisbezogen konservativ generalisiert und auf deren Grundlage eine Bewertung von Kompressionsbeanspruchungszuständen in einem Tragwerk erfolgen kann.

Neben Kompressionsbeanspruchungen treten insbesondere in Konturnähe untertägiger Grubenbaue Extensionsbeanspruchungen auf. Zur standsicherheitlichen Bewertung von Extensionsbeanspruchungen werden triaxiale Extensionsversuche durchgeführt. Im Vergleich zu Kompressionsversuchen sind sie dadurch charakterisiert, daß bei konstanter, versuchstechnisch vorgegebener Axialspannung die Mantelspannung bis zum Bruch des Prüfkörpers erhöht wird. Eine typische Arbeitskennlinie eines Extensionsversuches zeigt **Bild 9**.

Die laborativ ermittelten Kompressions- und Extensionsbruchfestigkeiten können schließlich in eine räumliche Bruchfunktion entsprechend **Bild 10** umgerechnet werden.

Die im Hauptspannungsraum nach Bild 10 aufgetragene Bruchfunktion ermöglicht eine Bewertung beliebiger dreidimensionaler Beanspruchungszustände dadurch, daß alle Spannungszustände, die innerhalb der Mantelfläche des Bruchkörpers lokalisiert sind, bruchfrei vom Material ertragen werden, während Beanspruchungszustände außerhalb der Mantelfläche des Bruchkörpers die Kurzzeitbruchfestigkeit des Materials überschreiten. Zur Bewertung der in der Realität vorliegenden Langzeitbeanspruchungs-

zustände erfolgt hiervon ausgehend eine standzeitbezogene Modifikation der Kurzzeitbruchfestigkeit.

Verzerrungsgeregelte Kompressionsversuche zur Ermittlung der Bruchstauchung

Neben den Grenzwerten für das Kriterium „Bruchfestigkeit unter Druck / Schubbeanspruchung“ können aus den Kurzzeitversuchen auch Grenzwerte für das Kriterium „zulässige Verformungen“ abgeleitet werden. Dazu werden die bei

Erreichen der Bruchfestigkeit im Versuch realisierten Bruchverzerrungen ausgewertet. **Bild 11** zeigt eine entsprechende Auftragung der Bruchverzerrungen über der Minimalspannung. Danach können mit zunehmender Minimalspannung zunehmende Verzerrungen bruchlos vom Material ertragen werden. Während unter einaxialen Beanspruchungen die Bruchverzerrung im gezeigten Beispiel $\epsilon_c \approx 2 - 3\%$ beträgt, erfolgt bei Minimalspannungen von $\min \sigma = 12 - 15$ MPa der Bruch erst bei einer Verzerrung von $\epsilon_c \approx 20 - 25\%$. Die eingetragene Grenzkurve zeigt eine konservative Interpretation der Meßwerte mit Blick auf die Formulierung eines Kriteriums.

Bei der Ableitung der aufnehmbaren/zulässigen Deformationen ist zu berücksichtigen, daß die im Rahmen von Kurzzeitversuchen ermittelten Bruchverzerrungen lediglich eine sehr konservative Einschätzung der aufnehmbaren Verzerrungen ermöglichen, da die bruchlos ertragbaren Verzerrungen von Salzgesteinen auch wesentlich durch die Verzerrungsrate geprägt sind. In Fällen, in denen die aus Kurzzeitversuchen abgeleitete Bruchverzerrung einen Nachweis der Standsicherheit nicht ermöglicht, und in Fällen, in denen eine aus wirtschaftlicher Sicht optimale Planung erfolgen soll, können Versuche mit unterschiedlichen Deformationsraten durchgeführt werden. Ziel dieser Versuche ist es, faziesabhängig nachzuweisen, daß unter den in situ gemessenen sehr viel geringeren Verformungsraten die bruchlos ertragbaren Verzerrungen deutlich größer sind als die in Kurzzeitversuchen ermittelten Bruchverzerrungen. **Bild 12** zeigt beispielhaft den Zusammenhang zwischen der Verzerrungsrate und der Bruchverzerrung für zwei unterschiedliche Steinsalzfazies. ▶

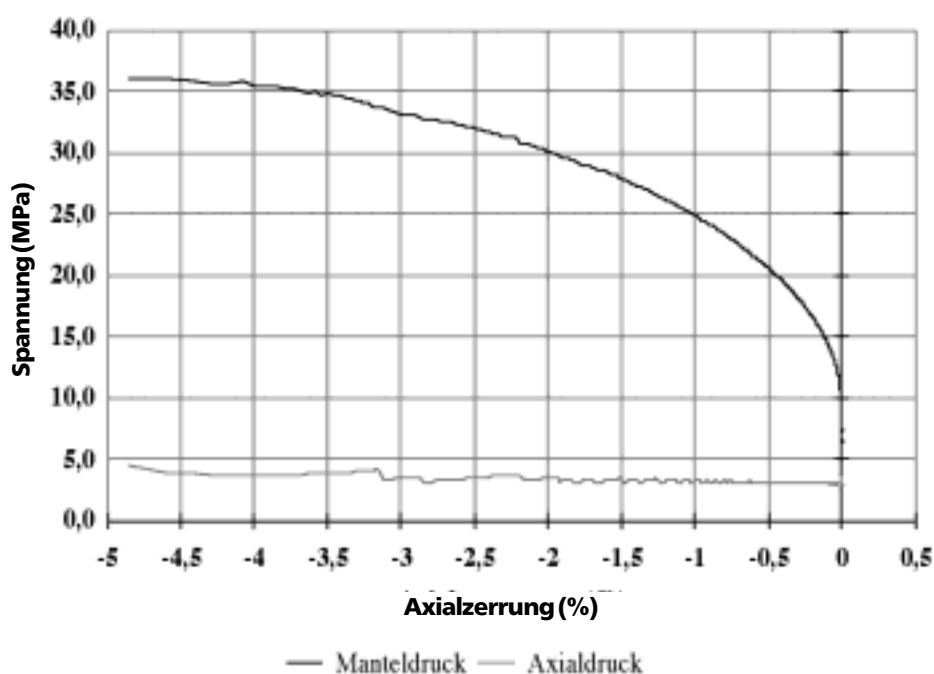


Bild 9: Arbeitskennlinie für Steinsalz und Bruchfestigkeit bei TE-Beanspruchung (Triaxial Extension)

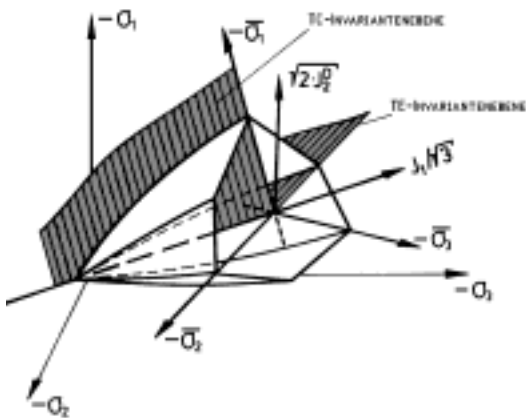


Bild 10: Bruchfestigkeit von Steinsalz im Hauptspannungsraum

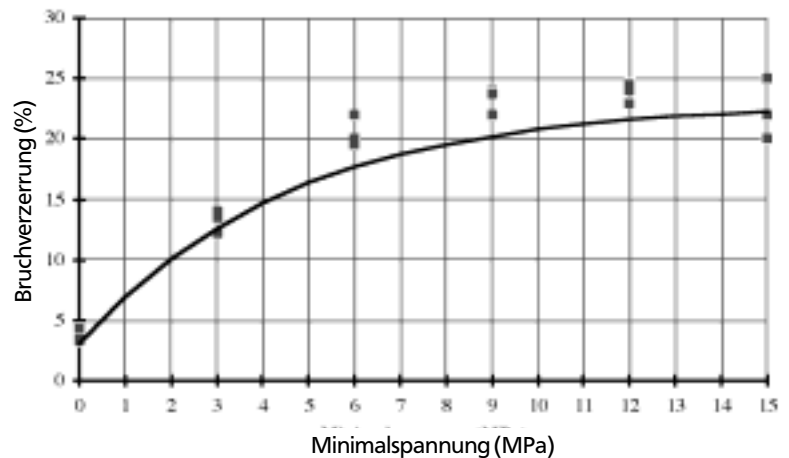


Bild 11: Bruchverzerrungen in Abhängigkeit von der Minimalspannung

Einaxiale Spaltzugversuche zur Ableitung der Zugfestigkeit

Bei der numerischen Simulation des Tragverhaltens von Grubenbauen mit großen Spannweiten, von Feldesteilen mit Mehrsohlenbau und hohen Durchbauungsgraden oder im Bereich von Schichtgrenzen zwischen unterschiedlich kriechfähigen Salinargesteinen können rechnerisch Zugspannungen ausgewiesen werden. Für die standsicherheitliche Bewertung dieser Zugspannungen kann es erforderlich sein, die Zugfestigkeit des anstehenden Materials laborativ belegen zu müssen. Da direkte Zugversuche an Gesteinsproben nur schwierig zu realisieren sind, werden z.B. sogenannte Spaltzugversuche entsprechend **Bild 13** durchgeführt, bei denen zylindrische Prüfkörper mit einem h:d-Verhältnis von 1:1 diametral belastet werden.

Die diametrale Belastung führt auf der Grundlage der Elastizitätstheorie zu einer Zugspannung im Prüfkörperquerschnitt, die aus der aufgetragten Streifenlast und den Prüfkörperabmessungen berechnet werden kann. **Bild 14** zeigt exemplarisch die Ergebnisse ausgewählter Spaltzugversuche an verschiedenen Steinsalzfazies. Danach ist die Zugfestigkeit dieser Salzgesteine vergleichsweise gering und stark streuend, aber auch faziesabhängig relativ unterschiedlich.

Die Zukunft im gesteinsmechanischen Labor

Neben den vorstehend skizzierten klassischen Versuchen zur Festlegung der Kriech- und Bruchcharakteristik sind gesteinsmechanische Untersuchungen an Salinargesteinen derzeit gekennzeichnet durch die Notwendigkeit, zusätzlich zu der Bruchfestigkeit und zum Kriechverhalten neben der Entfestigungscharakteristik zur erweiterten Charakterisierung sprödbbruchartig versagender Salinargesteine die sog. Dilatanzfestigkeit, die infolge Materialschädigung induzierte Kriechrate und die vom Beanspruchungs- und Schädigungs-zustand abhängige Sekundär-Permeabilität zu be-

stimmen. Ursächlich hierfür ist die aus Fragestellungen zum Nachweis der Barrierenintegrität und der Dichtigkeit geotechnischer Abschlußbauwerke im Rahmen des Deponie- und Endlagerbaus in die Salzmechanik übernommene Continuum Damage Mechanik (CDM), die in zunehmendem Maße auch im Rahmen von Tragwerksplanungen für den Berg- und Kavernenbau Anwendung findet. Neue Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Tragwerke bzw. von speziellen Tragwerksteilen wie Streckendamm- oder Schachtverschlußbauwerken – wie z.B. Dichtheit unter Einwirkung von Flüssigkeiten und Gasen – stellen auch neue Anforderungen an laborative Untersuchungen. Die für die entsprechenden Sicherheitsnachweise notwendigen rechnerischen Ermittlungen von Gefügauflockerungszonen im

Salinargebirge, den sog. Dilatanzzonen, und die rechnerische Ermittlung von Abschalungen und der damit einhergehenden Veränderung der primären Gebirgspermeabilitäten in die sogenannten (erhöhten) Sekundärpermeabilitäten verlangen die Ermittlung weiterer Eigenschaften und Kennwerte. Zu nennen sind hier

- die Dilatanzfestigkeit (Gebirgsfestigkeit), bestimmt über die online-Messung akustischer Wellenausbreitungen,
- die Dilatanz (Volumendehnung) sowie
- die Permeabilitätsveränderung in Abhängigkeit von Minimalspannung und Dilatanz.

Hinzu kommt in jüngster Zeit auch noch die Frage nach einer Quantifizierung der Verheilungsfähigkeit.

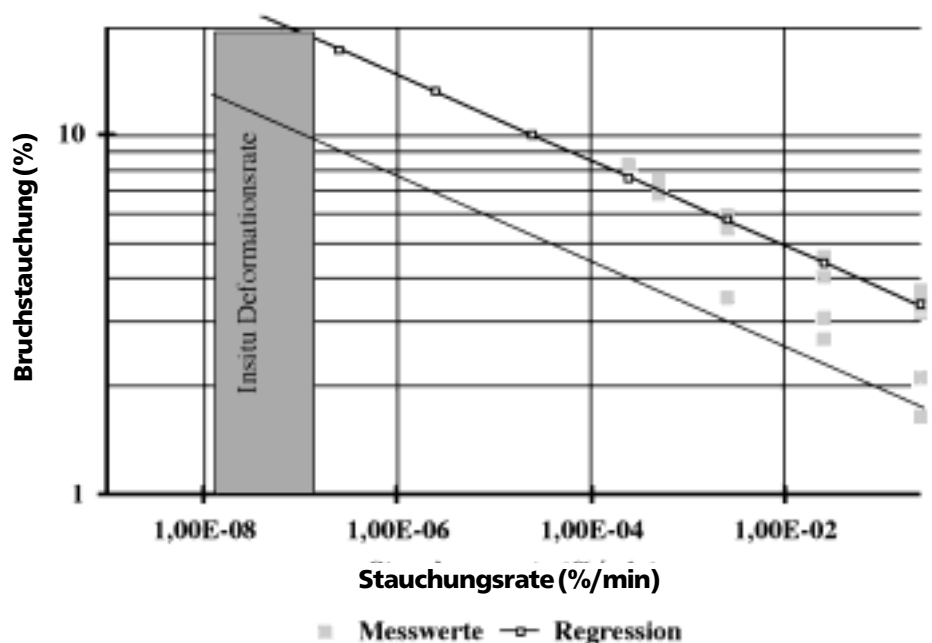


Bild 12: Bruchverzerrungen in Abhängigkeit von der Verzerrungsrate bei UC-Beanspruchung (Uniaxial Compression) (unterschiedliche Fazies)

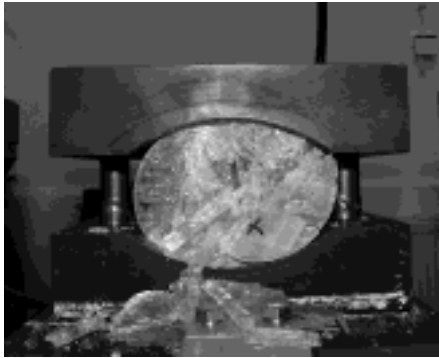


Bild 13: Spaltzugversuch am Steinsalzprüfkörper

Laborative Untersuchungen zur Quantifizierung der Gefügeschädigung – Grundlage für eine wirtschaftliche und sicherheitliche Optimierung von Untertagebauwerken

Wesentliches Merkmal eines Stoffmodells auf Basis der CDM ist die quantitative Beschreibung der vor einem Materialversagen einsetzenden Gefügeschädigung mit ihren Konsequenzen für Kriechdeformationen, Festigkeit und Permeabilität. Durch die Erfassung der bei Überschreitung der Dilatanz- bzw. Dauerfestigkeit einsetzenden Gefügeschädigung kann die zeitabhängige Tragfähigkeit bei Beanspruchungen zwischen der Dauerfestigkeit und der Bruchfestigkeit quantifiziert werden. Gegenüber Tragwerksplanungen nach klassischen Konzepten eröffnet sich hierdurch die Möglichkeit, den Zeitpunkt eines potentiellen Materialversagens zu prognostizieren bzw. bisher nicht belegbare Tragreserven zu aktivieren. Laborative Voraussetzung für die Anwendung der CDM im Rahmen der Bemessung untertägiger Tragstrukturen im Salinar ist die meßtechnische Bestimmung der Volumendilatanz in Abhängigkeit von der Beanspruchung und daraus abgeleitet die Festlegung der Dilatanzfestigkeit. **Bild 15**

zeigt beispielhaft die sich bei Überschreitung der Dauerfestigkeit im Salinargestein ausbildenden Mikrofissuren und Porenräume.

Diese Gefügedefekte führen sowohl zu einer Minderung der Tragfähigkeit wie auch zu einer Volumenvergrößerung des Prüfkörpers. Die versuchsbegleitende Messung dieser Volumenvergrößerung kann durch die in **Bild 16** gezeigte Meßanordnung realisiert werden.

Das während des Versuchs in der Triaxialzelle verdrängte Ölvolumen wird über einen doppelt wirkenden Meßzylinder geführt, so daß die Volumenmessung in eine Wegmessung transformiert wird. Mit der gezeigten Meßanordnung können Volumina von $\Delta V = 0,026 \text{ ml}$ exakt bestimmt werden (zum Vergleich: 1 Schnapsglas = 2 ml). Die Bestimmung der Dilatanzfestigkeit erfolgt entsprechend **Bild 17** als diejenige Deviatorspannung, die bei mine_{vol} im Versuch realisiert wurde. Um auch bei Versuchen mit einer weniger deutlichen Ausbildung von mine_{vol} die Dilatanzfestigkeit festlegen zu können, werden zusätzlich zur Volumenmessung versuchsbegleitende Ultraschallmessungen durchgeführt. Durch die kontinuierliche Aufzeichnung der Ultraschallwellenlaufzeiten können beginnende Gefügeschädigungen, d.h. Mikrofissuren, sehr exakt detektiert werden, da Materialschädigungen in Form von Mikrorissen zu einer signifikanten Reduktion der Schallwellenlaufzeiten führen.

Quantifizierung mechanisch-hydraulischer Wechselwirkungen durch online-Messung der Gaspermeabilität

Zur Bewertung der Integrität geologischer Barrieren bei Endlagern und Untertagedeponien, der Durchlässigkeit bzw. Dichtigkeit geotechnischer Abschlußbauwerke (Umläufigkeiten) und zum Nachweis der Dichtheit von Speicherkavernen ist die Permeabilität von Gesteinen oder Abdichtungsmaterialien in Abhängigkeit von der Bean-



Bild 15: Aufgelockertes und entfestigtes Mineralkorngefüge eines Steinsalzprüfkörpers unter TC-Beanspruchung

spruchung bzw. Schädigung zu bestimmen. Zur Quantifizierung dieser Abhängigkeit ist es Aufgabe der Labortechnik, zusätzlich zur Messung der Spannungen und Verformungen, der Temperatur, der Volumendilatanz und der Ultraschallwellenlaufzeiten den Gas- bzw. Salzlösungsfluß durch einen Prüfkörper versuchsbegleitend zu bestimmen. Die geringe Permeabilität ungestörter Salzgesteine unter triaxialer Gebirgsbeanspruchung von $K \leq 10^{-20} \text{ m}^2$ kann mit standardisierten Durchflußmessungen nicht erfaßt werden. Die meßtechnische Ermittlung des Gasflusses je Zeiteinheit als Grundlage für die daraus abzuleitende Permeabilität erfolgt daher alternativ über eine temperaturkompensierte Druckmessung. **Bild 18** zeigt die konstruktive Ausführung eines Meßsystems für die versuchsbegleitende Messung der Permeabilität von Salzgesteinen in Triaxialversuchen.

Durch die zeitparallele meßtechnische Erfassung der Dilatanz bzw. Schädigung und der Gesteinspermeabilität können einerseits Grenzwerte für die Formulierung von Kriterien zum Nachweis der Barrierenintegrität abgeleitet werden. Andererseits ermöglicht die Permeabilitätsmessung eine Bestimmung der Parameter für eine mechanisch-hydraulisch gekoppelte Berechnung, die zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit von geotechnischen Barrieren wie Streckendammbauwerken oder Schachtverschlußbauwerken notwendig wird. Ohne im Rahmen des Beitrages auf die komplexen Stoffmodelle und Wechselwirkungen eingehen zu können, kann die mechanisch-hydraulische Wechselwirkung vor dem gedanklichen Hintergrund charakterisiert werden, daß sowohl das mechanische Tragverhalten des Salinargesteins wie auch die hydraulischen Eigenschaften durch die Volumendilatanz bestimmt sind. Je größer die Volumendilatanz, desto größer ist die Schädigung bzw. um so kleiner ist die Resttragfähigkeit des Materials. In analoger Weise gilt: Je größer die Volu-

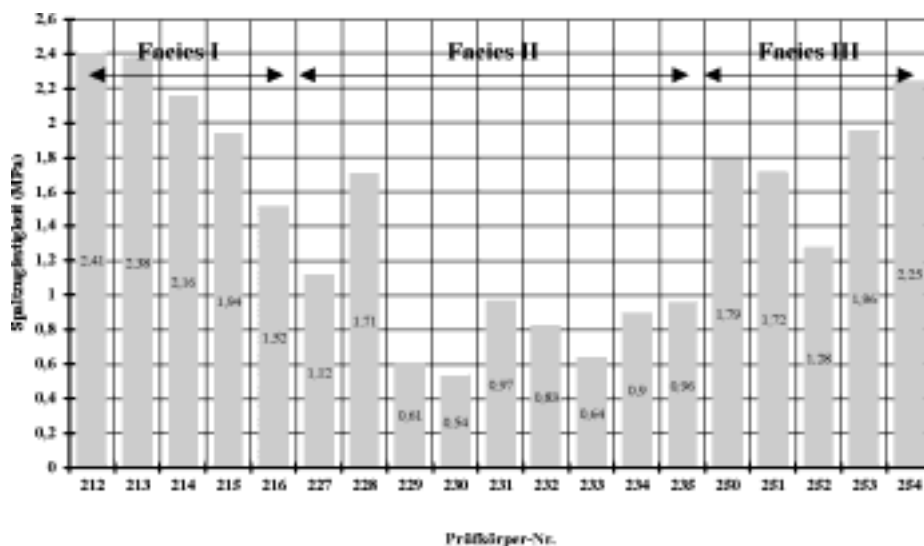


Bild 14: Spaltzugfestigkeit für Steinsalz verschiedener Fazies

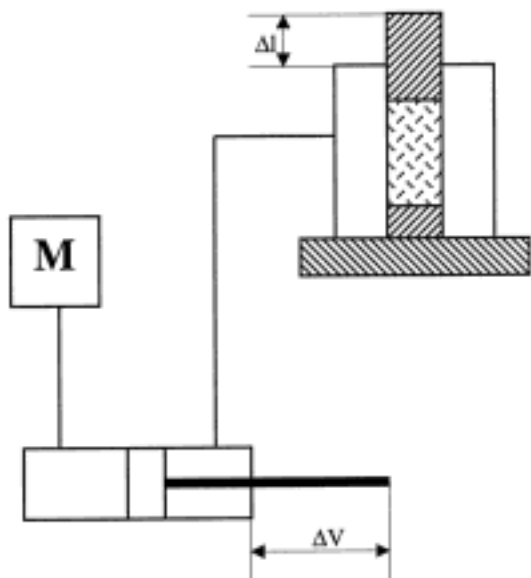


Bild 16: Schematische Darstellung zur Dilatanzmessung

mendilatanz, desto größer ist die Permeabilität des Salzgesteins.

Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten ist darüber hinaus die Untersuchung der Verheilungseigenschaften von Salzgestein. Ein primär geschädigtes, d.h. dilatant verformtes Salzgestein kann dann als geheilt eingestuft werden, wenn sowohl die Volumendilatanz durch entsprechende kontraktante Verformungen kompensiert ist wie auch die Permeabilität nach der Verheilung wieder der Anfangspermeabilität entspricht. Die vorstehend skizzierten Verheilungseffekte sind insbesondere

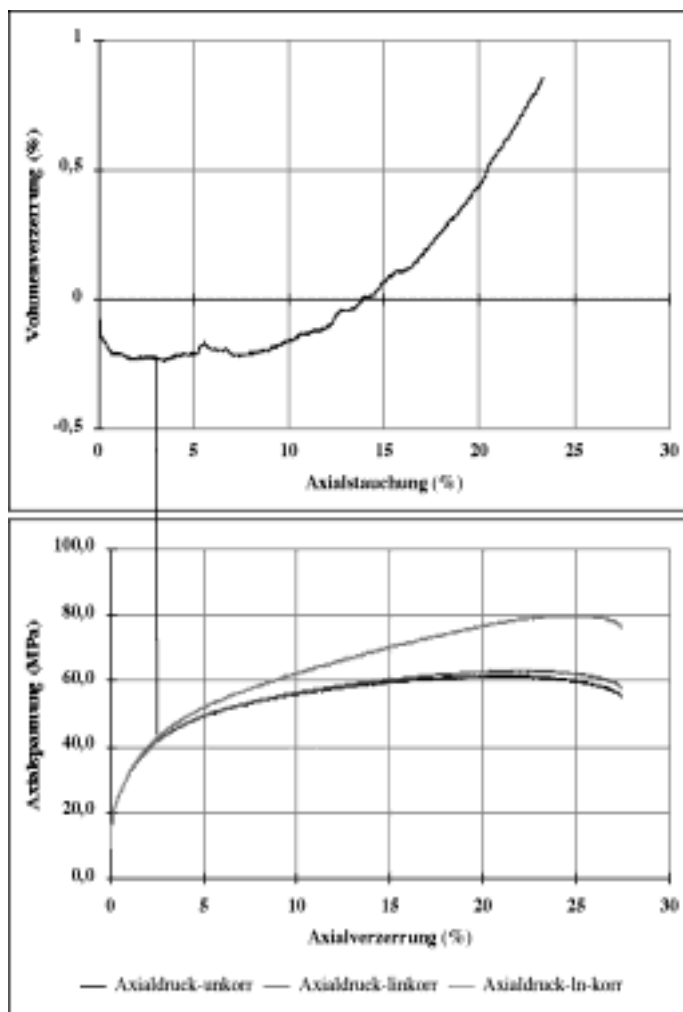


Bild 17: Ermittlung der Dilatanzfestigkeit



Bild 18: Meßsystem zur Ermittlung von Gasflüssen in Triaxialversuchen

dann von Bedeutung, wenn danach gefragt wird, wann eine infolge von Auflockerungsprozessen umläufige Konturzone um Damm- und Verschlussbauwerke infolge eines auflaufenden Gebirgsdruckes wieder vollständig verheilt ist. Im Bereich des Speicherkavernenbaus ist die Verheilung beispielsweise dann von Interesse, wenn danach gefragt wird, über welchen Zeitraum und unter welchen Innendrüken eine Verheilung der bei abgesenkten Innendrüken induzierten Gefügeschädigung erfolgt, so daß zyklische Belastungen im Lauf der Betriebszeit zu keinen progressiv akkumulierten Entfestigungszonen führen.

Sonderprüfmaschinenbau und Technikumsversuche für die Stoffmodellforschung

Neben den vorstehend skizzierten Untersuchungen zur Ermittlung von Stoffparametern zur Charakterisierung des Kriech- und Festigkeitsverhaltens von Salzgesteinen und zur Ableitung von Kriterien bzw. Grenzwerten für die Bewertung rechnerisch ermittelter Zustandsgrößen liefern gesteinsmechanische Untersuchungen an Salzgesteinen einen wesentlichen Beitrag zur Stoffmodellforschung bzw. zur Validierung von Stoff-

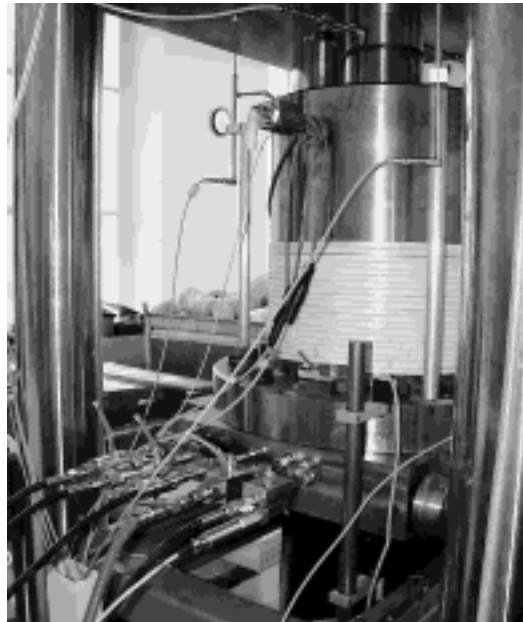


Bild 19: Modellprüfstand für triaxiale TC- und TE-Versuche an axialgelochten Großbohrkernen

modellen. Zur Erforschung neuer Stoffmodelle werden Versuche an axial gelochten Steinsalzgroßbohrkernen eingesetzt. Die Versuche haben den Charakter von Modellversuchen unter dem Gesichtspunkt, daß die in einem Untertagebergwerk zu erwartenden mechanischen Phänomene grundsätzlich auch im geometrisch vereinfachten Modell ablaufen, hier aber unter nunmehr bekannten Randbedingungen. Von entscheidender Bedeutung bei dieser Versuchstechnik ist, daß eindeutig erfäßbare geometrische, kräftemäßige und stoffliche Randbedingungen (z.B. Hohlzylindergeometrie, Axialdruck, Manteldruck, Temperatur, Innendruck, Gasdruck, Spannungsverformungsverhalten des Salzgesteins) vorgegeben werden können und sich während des Versuchs im Modellprüfkörper von außen unbeeinflusste und material-spezifische Spannungsumlagerungen einstellen können. Vor diesem Hintergrund kann ein Stoffmodell u.a. erst dann als validiert bezeichnet werden, wenn die numerischen Analysen z.B. derartiger Modellversuche die meßtechnisch ermittelten Zustandsgrößen bestätigen. **Bild 19** zeigt einen Prüfstand zur laborativen Untersuchung von Modelltragwerken und gibt einen Eindruck von der Komplexität und Dimension derartiger Prüfanlagen.

Die unabhängige Regelung von Axialdruck, Manteldruck und Innendruck, die meßtechnische Erfassung von Temperatur, Axialstauchung, Volumendilatanz des Prüfkörpers und des Gesteins in Nähe der Innenbohrung, die Durchströmung mit Gas oder Lauge zur Permeabilitätsermittlung sowie die versuchsbegleitende Durchschallung unterstreichen eindrucksvoll die eingangs dokumentierte Aussage, daß laborative Untersuchungen für den salinaren Berg- und Kavernenbau in zunehmendem Maße konstruktive Änderungen und nachhaltigen Erweiterungen der eingesetzten Versuchsausrüstungen erfordern.

Wesentliches Element jeden Entwurfs- und Nachweiskonzeptes im Untertagebau sind gesteinsmechanische Untersuchungen

Im Ergebnis vorstehender Ausführungen zur Methodik gesteinsmechanischer Untersuchungen an Salinargesteinen bleibt festzuhalten, daß gesteinsmechanische Untersuchungen im salinaren Untertagebau (Bergbau, Kavernenbau, Untertagedeponiebau und Endlagerbau) nicht wie sonst im konstruktiven Ingenieurbau der Qualitätskontrolle der eingesetzten Materialien dienen. Sie haben hier vielmehr die Aufgabe, das mechanische Verhalten des natürlichen Baustoffes „Salzgestein“ standortbezogen in seiner Streubreite zu ermitteln und die Grundlage für eine Homogenbereichskartierung und -charakterisierung zu schaffen. Ohne Kenntnis der standortbezogenen Materialeigenschaften ist eine den Kriterien der Sicherheit und Wirtschaftlichkeit genügende Tragwerksbemessung nicht möglich. Vor diesem Hintergrund sind der jeweiligen Aufgabenstellung angemessene gesteinsmechanische Untersuchungen im salinaren Untertagebau ein wesentliches Element eines Entwurfs- und Nachweiskonzeptes, ohne das weder eine die in-situ Verhältnisse angemessen erfassende Prognose des Tragverhaltens möglich ist noch eine Aussage über die Zulässigkeit der durch Auffahrung, Nutzung und Versatz bzw. Stilllegung/Verschluß von Grubenbauen induzierten Spannungs- und Verformungszustände getroffen werden kann. Angesichts vielfältiger Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der geotechnischen Anlagen und damit an Tragwerksplanung und Nachweisführungen ist die Ermittlung von Deformations- und Festigkeitseigenschaften oft nicht mehr ausreichend. Zunehmend sind laborativ zu ermitteln die Dilatanzfestigkeit, Porositäts-/Permeabilitätsänderungen und Entfestigungseigenschaften.

Ausblick – Endlagerung in alternativen Wirtsgesteinen

Für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland ist für die nächsten Jahre eine Standort-suche geplant, in die neben Salinargesteinen weitere geringpermeable Gesteine bzw. Gebirgsformationen einbezogen werden sollen. Aus Erfahrung erscheinen hierzu auch Tongesteine im Grundsatz geeignet. U.a. Voraussetzung ist hierbei neben einer hinreichend geringen Materialpermeabilität das Fehlen eines hydraulisch wirksamen Trennflächengefüges. Laborative Untersuchungen an Tongesteinen zeigen, daß im Grundsatz ähnliche, in der quantitativen Ausformung allerdings anders akzentuierte Gesteinseigenschaften vorliegen. Hinzu kommt ein deutlich höherer Porenwasser-gehalt mit Einfluß auf Verformbarkeit und Festigkeit sowie ein tongesteinsfaziesabhängiges Quellvermögen. Es ist beabsichtigt, – und erste Untersuchungen haben bereits begonnen – die an der Professur für Deponietechnik und Geomechanik vorhandene Prüfmaschinenausrüstung in den nächsten Jahren auch für Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet einzusetzen und entsprechend weiterzuentwickeln. Ziel ist es auch hier, über gesteinsmechanische Untersuchungen und die daraus folgenden Materialeigenschaften ein Entwurfs- und Nachweisinstrumentarium für die Tragwerksplanung in Tongesteinen zu entwickeln.

Anm. d. Red.: Ausführliche Literaturangaben sind auf Wunsch bei den Verfassern erhältlich.

Dr.-Ing. Uwe Düsterloh
Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Lux
Institut für Aufbereitung und Deponietechnik
Erzstraße 20
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-2443 (Düsterloh)
05323/72-2224 (Lux)
Fax: 05323/72-2341

Faseroptische Lasersensoren

Von der Früherkennung von Vulkanaktivitäten
bis zur industriellen Prozeßkontrolle

Von Ulrike Willer und Wolfgang Schade

Vor wenigen Wochen erreichten uns wieder erschütternde Bilder von Vulkaneruptionen aus Kenia. Bedenkt man, daß allein in Mittel- und Süditalien einige Hundert geologisch aktive Regionen bekannt sind, so stellt die Erarbeitung neuer methodischer Ansätze zur Früherkennung von Vulkantätigkeiten und damit verbunden die Entwicklung geeigneter Warnsysteme eine interessante wissenschaftliche Herausforderung mit allgemeiner gesellschaftlicher Relevanz dar. Die hierbei zu lösenden Aufgaben sind derart komplex, daß die Schaffung neuer Lösungsansätze sicherlich nur durch eine effiziente interdisziplinäre Zusammenarbeit, beispielsweise zwischen geowissenschaftlich und physikalisch ausgerichteten Forscherteams, erfolgen kann.

Bereits vor einigen Jahren haben Untersuchungen einer Forschergruppe der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover (BGR) an dem aktiven Vulkan Galeras in Kolumbien Hinweise darauf ergeben, daß Korrelationen zwischen der Änderung von Gaszusammensetzungen in Vulkanfumarolen (Gasausscheidungen aus Erdspalten an Vulkanen) und seismischer Aktivität beobachtet werden können (Faber et al. 1998). Dieser Zusammenhang ist in **Bild 1** schematisch dargestellt. Allerdings war es bis heute nicht möglich, auf der Grundlage dieser Erkenntnisse ein geeignetes Sensorsystem zu entwickeln und so ein mögliches neues Frühwarnsystem zu etablieren. Das Hauptproblem lag in der meßtechnischen Erfassung von Gaskonzentrationen direkt in einer aktiven Fumarole über längere Zeiträume. Konventionell erfolgen die Messungen über

Gaschromatographie, d.h. Gas aus der Fumarole wird über ein Rohrsystem abgepumpt und in den Chromatographen zur spektroskopischen Analyse geleitet. Hierbei ergeben sich zwei generelle Probleme:

- 1) In der extrem korrosiven Umgebung einer Fumarole betragen die Standzeiten der Rohrleitungen und Pumpen nur wenige Stunden bis Tage und
- 2) die Analytik erfolgt in dem kalten Gas und nicht direkt unter den Bedingungen, wie sie in der Fumarole vorherrschen.

Dieses hat zur Folge, daß Änderungen der Gaszusammensetzung bei der Abkühlung nicht auszuschließen sind und das Analyseergebnis daher nicht notwendigerweise die Bedingungen in der Fumarole widerspiegelt.

Laseroptische Meßmethoden bieten hier vielfältige und neue Lösungsansätze. Diese Verfahren zeichnen sich dadurch aus, daß sie berührungslos über weite Meßstrecken anwendbar sind, hohe Genauigkeiten aufweisen und unter geeignet gewählten Bedingungen das Meßvolumen nicht beeinflussen. Aus diesen Gründen eignen sich Laserverfahren vorzüglich für online und in-situ Überwachungen über lange Zeiträume, die auch in einer rauen Umgebung wie die einer Vulkanfumarole durchgeführt werden können. In den vergangenen Jahren wurden hierzu von verschiedenen vorwiegend physikalisch orientierten Forschergruppen sowohl die LIDAR-Meßtechnik (Weibring et al. 1998, Oppenheimer et al. 1998) als auch die Diodenlaser Absorptionsspektroskopie (Gianfrani et al. 2000) eingesetzt. Das LIDAR-

Verfahren ermöglicht eine orts aufgelöste Messung von Teilchendichten über lange Distanzen und wird vorwiegend zur Diagnostik der Gasemission über Vulkankratern eingesetzt. Die Diodenlaser Absorptionsspektroskopie dagegen erfordert eine Meßstrecke, die möglichst nicht durch Lichtstreuungseffekte beeinflusst wird und die optisch dünn sein sollte. Daher wird in diesen Experimenten das zu untersuchende Gas aus der Fumarole durch eine Gaszelle (typischerweise werden dabei sog. Multipath-Zellen eingesetzt) gepumpt, in der dann der Laserspektroskopische Nachweis einzelner Gas-komponenten erfolgt. Wie bereits oben erläutert, ist auch hier eine Messung von Teilchenkonzentrationen direkt im Gasstrom der Fumarole nicht möglich und die oben diskutierten Probleme bei der Interpretation der Meßergebnisse treten auf.

Im Gegensatz zu diesen Experimenten wurde in unserer Arbeitsgruppe ein faseroptischer Lasersensor entwickelt, der auf der Evaneszenzfeld-Laserspektroskopie mit Lichtleitern beruht und der in ersten Feldmessungen am Vulkan Solfatara in Pozzuoli bei Neapel zur selektiven Detektion von H_2S , CO_2 und H_2O direkt in dem Gasstrom einer Fumarole eingesetzt wurde (Willer et al. 2001, 2002). In **Bild 2** ist die nähere Umgebung einer Fumarole des Solfatara gezeigt, an der die Messungen durchgeführt wurden. Die Funktionsweise des Lasersensors und erste Meßergebnisse von den Feldmessungen werden im folgenden näher beschrieben und diskutiert.

Die Evaneszenzfeld-Laserspektroskopie

Die hochauflösende Laser-Absorptionsspektroskopie im nahen und mittleren Infrarotbereich eignet sich sehr gut zur Analytik komplexer Gasgemische. Ein Nachteil dieser Methode liegt allerdings darin, daß

- 1) eine Messung nur in optisch dünnen Medien bzw. solchen mit vernachlässigbarer Streuung möglich ist und
- 2) ein direkter optischer Zugang zum Meßvolumen vorhanden sein muß.

Diese Voraussetzungen sind in Vulkanfumarolen und bei vielen technisch interessanten Meßanwendungen nur bedingt erfüllt. Eine interessante

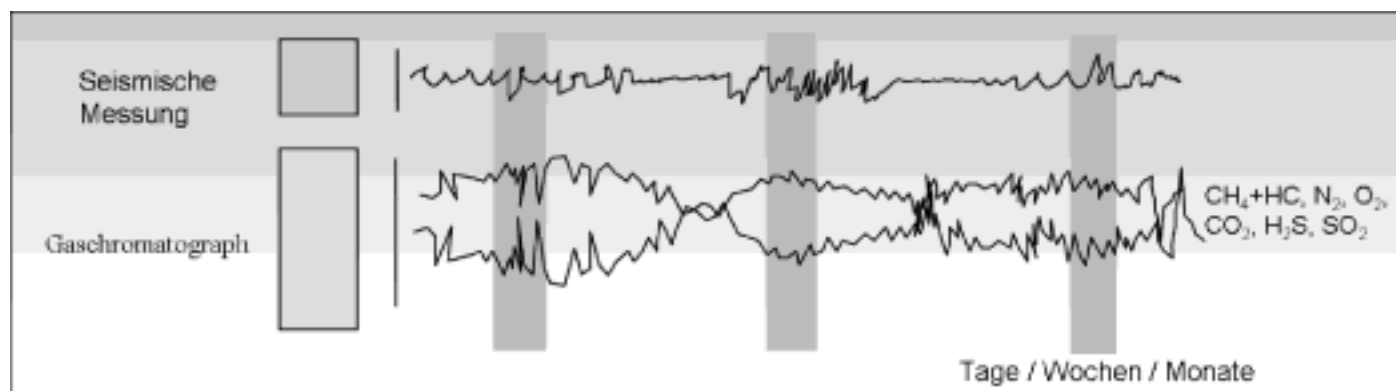


Bild 1: Schematische Darstellung möglicher Korrelationen zwischen Gaskonzentrationen in einer Vulkanfumarole und seismischer Aktivität



Bild 2: Bild der Fumarole am Vulkan Solfatara (Italien), bei der die Feldmessungen mit dem Evaneszenzfeld-Lasersensor durchgeführt wurden

Alternative bietet hier die Evaneszenzfeld-Laserspektroskopie, bei der spektral schmalbandiges und kontinuierlich durchstimmbares Laserlicht in eine optische Faser eingekoppelt wird. Die Faser dient dabei der Lichtübertragung und fungiert gleichzeitig als aktiver Sensor (Bunimovich et al. 1993, Dunkers et al. 1998).

Die Evaneszenzfeld-Laserspektroskopie nutzt die Totalreflexion an der Grenzfläche zweier Medien mit den Brechungsindizes n_1 und n_2 aus. Auch bei 100% Reflexion an dieser Grenze erfolgt ein gewisses "Tunneln" des elektrischen Feldes in das zweite Medium. Dieser Anteil des Feldes wird als "evaneszentes Feld" bezeichnet. Im Gegensatz zu dem propagierenden Feld erfolgt dieses "Tunneln" jedoch ohne Energieübertragung, solange in dem zweiten Medium keine Absorption stattfindet. Unter Annahme einer Absorption werden zwei Verlustprozesse beobachtet: In der Nähe der Absorptions-Resonanz liegt (1) eine Änderung des Brechungsindex und (2) eine Änderung des Absorptionskoeffizienten vor. Damit verbunden resultiert im Fall der Resonanz der Laserwellenlänge mit einem Molekülübergang eine Änderung der durch die Faser übertragenen Lichtintensität. In **Bild 3** ist dieses Prinzip schematisch für eine optische Faser, die nur aus einem Faserkern besteht, gezeigt.

Ein Laserstrahl wird in die Faser eingekoppelt und durch ein Medium, welches die nachzuweisenden Moleküle enthält, geführt. Am Ende der Faser befindet sich ein Detektor. Ist der Brechungsindex (n_1) des Faserkernmaterials größer

als der des umgebenden Mediums (n_2) so erfolgt die Wellenleitung infolge der Totalreflexion. Diese Situation ändert sich, sobald die Laserwellenlänge über eine Molekülresonanz abgestimmt wird. Die Wellenlängenabhängigkeit von Dispersion und Absorption führt dann zu einem frequenzabhängigen Intensitätsverlust der geführten Laserintensität, die am Faserende mit dem Detektor gemessen wird. Ähnlich wie bei der Absorptionsspektroskopie können aus den gemessenen Intensitätsprofilen Teilchenkonzentrationen einzelner Spezies bestimmt werden.

Die Empfindlichkeit eines solchen Sensors lässt sich optimieren, indem die Wechselwirkung von in der Faser geführten Lichtmoden mit dem umgebenden Medium maximiert wird. Dieses erfolgt durch möglichst lange Faserlängen z und geringe Faserkernradien r im aktiven Sensorbereich. Weiter ist zu beachten, daß die Lichtübertragung in der Faser möglichst nur auf radiale Randmoden beschränkt ist, da in der Fasermitte geführte Moden praktisch keinen Beitrag für das Evaneszenzfeld leisten. Aus diesen Gründen erfolgt die Einkopplung des Laserlichtes in die Faser typischerweise unter einem Winkel von $\Theta = 20^\circ$. Die am Detektor gemessene

spektrale Intensitätsverteilung wird durch folgende Gleichung beschrieben (Harrik 1967):

$$P(\lambda) = \int I(I_0, \Theta, \lambda) (R(n_1, n_2, \Theta, \sigma, N))^m 2\pi \sin\Theta d\Theta$$

Dabei ist $I(I_0, \Theta, \lambda)$ die unter dem Winkel Θ eingekoppelte Laserintensität der Wellenlänge λ , σ der Absorptionsquerschnitt für den betrachteten Molekülübergang, N die Teilchendichte der nachzuweisenden Molekülsorte und R der Reflexionskoeffizient. Die Anzahl der Totalreflexionen wird berechnet mit $m = (z/r) \tan\Theta$.

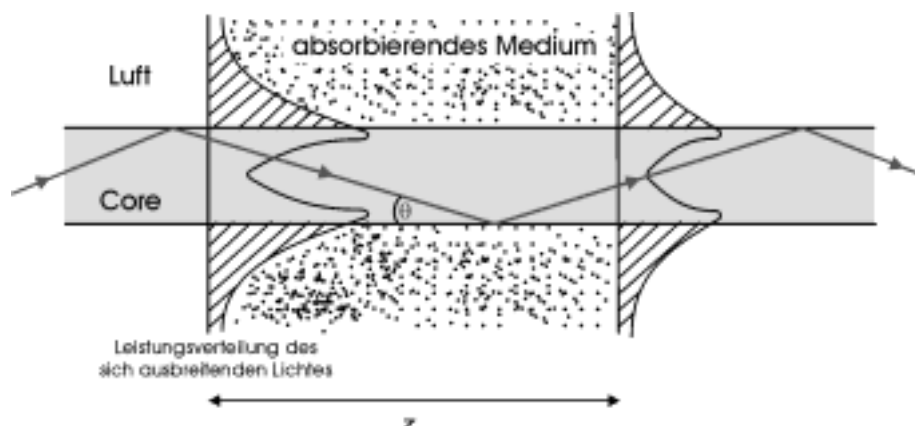


Bild 3: Evaneszenzfeld-Laserspektroskopie mit Lichtleitern

Der faseroptische Evaneszenzfeld-Lasersensor

In **Bild 4** ist der experimentelle Aufbau, wie er bei den Feldmessungen am Solfatara eingesetzt wurde, dargestellt. Als Laserlichtquelle wurde eine spektral schmalbandige DFB-Laserdiode mit einer Emissionswellenlänge um $1,5705 \mu\text{m}$ eingesetzt. Die Wellenlänge der Laserdiode wird kontinuierlich durchgestimmt, indem der Injektionsstrom über eine Rampe gleichmäßig verändert wird. Die Signaldetektion erfolgt über eine Infrarot Photodiode. Zur Optimierung des Signal-Rausch-Verhältnisses wird für die Datenaufnahme die Lock-In Technik eingesetzt. Der Laser und die Steuerungs- und Auswerteelektronik befinden sich in einer luftdicht abgeschlossenen Aluminiumbox. Die Ankopplung der optischen Faser an den Laser erfolgt über einen Faserkoppler, und für die Steuerung des gesamten Meßsystems wird ein Notebook Computer verwendet (**Bild 4a**). In Voruntersuchungen im Labor wurde die Wellenlänge der DFB Laserdiode mit einem "wavemeter" kalibriert, so daß für vorgegebene Temperaturen und Injektionsströme die Laserwellenlänge mit einer absoluten Genauigkeit von $0,001 \text{ nm}$ bekannt ist. Nach dieser Kalibrierung wurden in einer mit H_2S gefüllten Zelle Absorptionsspektren aufgenommen, die später als Referenzmessungen für die Auswertung der in den Feldexperimenten gewonnenen Daten verwendet wurden.

Der eigentliche faseroptische Sensor ist in **Bild 4b** gezeigt. Es wurde eine Multimode Faser mit einem Kerndurchmesser von $2r = 200 \mu\text{m}$ und einer Gesamtlänge von 10 m verwendet. Im aktiven Sensorbereich wird das "cladding" der Faser, also der Mantel, der normalerweise die Führung des Lichtes innerhalb der Faser sicherstellen soll, durch Behandlung in einem Plasmaofen vollständig entfernt, so daß auf einer Länge von $z = 2 \text{ m}$ nur das reine Kernmaterial zurückbleibt. Dieser Teil der Faser wird zu einer Spirale geformt und in einem Teflonhalter befestigt. Der Durchmesser ▶

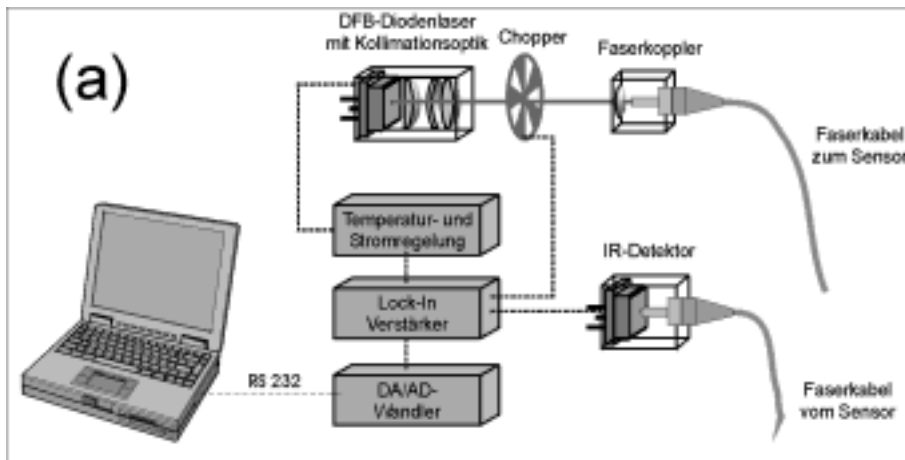


Bild 4a: Aufbau des Lasermeßsystems für die Feldmessungen

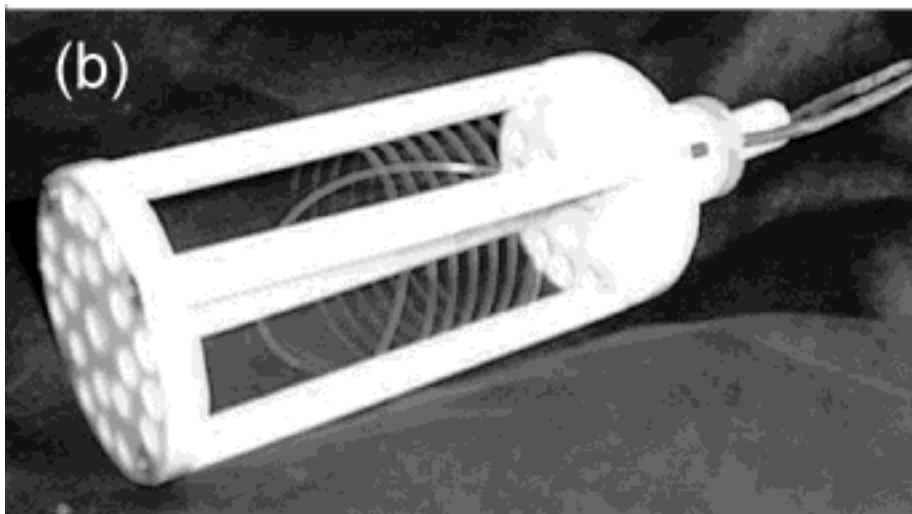


Bild 4b: Bild des aktiven Teils des faseroptischen Evaneszenzfeld-Sensors



Bild 4c: Einsatz des Sensors direkt im Gasstrom der Fumarole

des faseroptischen Evaneszenzfeld-Sensors beträgt 5 cm. In Bild 4c ist der Einsatz des Sensors direkt im Gasstrom der Fumarole am Solfatara gezeigt.

Ergebnisse und Diskussion

Während der Messungen am Solfatara wurden die Temperatur in der Fumarole und der Gasstrom parallel zu den spektroskopischen Messungen erfaßt. Die Temperatur liegt bei durchschnittlich 150 °C und der Gasstrom beträgt 15 m/s. Für diese Bedingungen werden an dem Sensor keine Schwefel und sonstige Anlagerungen beobachtet, da der Sensor direkt in den heißen Gasstrom etwa 20 cm unter der Erdoberfläche positioniert wird. Anlagerungen treten erst außerhalb der Fumarole auf, nämlich dort, wo starke Temperaturgradienten vorherrschen und entsprechend Kondensation stattfindet (vgl. Bild 4c). Dort ist die Faser allerdings durch eine Ummantelung geschützt.

In Bild 5a ist ein Rohdatensatz, wie man ihn bei den Vulkanmessungen erhält, gezeigt. Der obere Verlauf zeigt die gemessene spektrale Intensitätsverteilung des Sensorsignals, wenn sich der faseroptische Sensor ca. 2 m neben der Fumarole befindet (Referenzmessung), die untere Meßkurve den Signalverlauf mit dem Sensor direkt im Gasstrom der Fumarole. Es wird eine deutliche Abschwächung der Intensität bei 1,5707 µm beobachtet, die durch Absorption von selektiv angeregten Spezies im Gasstrom hervorgerufen wird.

Die weitere quantitative Auswertung der in Bild 5a gezeigten Rohdaten erfolgt in den folgenden Schritten. Zunächst werden die im Gasstrom gemessenen Intensitätsverläufe mit Hilfe der Referenzmessungen vom Untergrund befreit. Im nächsten Schritt wird dieser Datensatz ausgewertet, indem Voigt-Profile an die gemessenen Intensitätsprofile angepaßt werden. Ein Vergleich mit Referenzspektren für den Spektralbereich 1,5701 bis 1,5708 µm, die beispielsweise in der HITRAN Datenbank verfügbar sind, zeigt, daß neben H₂S- auch noch CO₂- und H₂O-Absorptionen vorliegen. Da diese Spezies ebenfalls mit Konzentrationen im %-Bereich in Fumarolen vorliegen, müssen die entsprechenden Absorptionen bei der Datenauswertung berücksichtigt werden. Für CO₂ und H₂O werden die jeweiligen Linienpositionen der HITRAN-Datenbank entnommen, für H₂S werden eigene experimentelle Ergebnisse von H₂S-Absorptionsmessungen verwendet, da diese nicht in der HITRAN-Datenbank tabelliert sind. Für eine Temperatur T = 150 °C berechnet sich die Gauss-Verbreiterung der Linienprofile für H₂S, H₂O und CO₂ zu 0,0019 nm; 0,0027 nm und 0,0017 nm. Die HITRAN-Datenbank gibt Druckverbreiterungen für H₂O und CO₂ mit Luft und einen Druck p = 1 bar von 0,02 nm und 0,17 nm. Eigene Labormessungen für H₂S und Luft geben eine Druckverbreiterung mit Raumluft und p = 1 bar von 0,02 nm. Diese Daten werden als Startwerte für die ▶

Anpassung von Voigt-Profilen an die Meßwerte verwendet, wobei die Linienpositionen als feste Parameter eingegeben werden. Das Ergebnis einer derartigen Anpassung ist in **Bild 5b** gezeigt. Die Einhüllende sämtlicher individueller Voigt-Profile reproduziert die mit dem Evaneszenzfeld-Lasersensor gemessenen spektralen Intensitätsabhängigkeiten mit einer Abweichung von weniger als 8%. Diese ersten Ergebnisse zeigen, daß unter den Bedingungen, wie sie in einer Fumarole vorliegen, einzelne H_2S Linien spektral nicht vollständig aufgelöst werden können; allerdings ist dieses für CO_2 bei $1,5704 \mu\text{m}$ möglich. Auf der anderen Seite besteht aber mit dieser Meßmethode und der beschriebenen Datenauswertung die Möglichkeit, simultan Konzentrationen von H_2S , CO_2 und H_2O direkt in dem Gasstrom einer Fumarole zu messen, wenn die Laseranregung mit einer DFB Laserdiode bei $1,57 \mu\text{m}$ erfolgt.

Zusammenfassung und Ausblick

Unsere ersten Messungen am Vulkan Solfatara in Italien haben gezeigt, daß sich faseroptische Evaneszenzfeld-Lasersensoren, wie sie in unserer Arbeitsgruppe entwickelt wurden, prinzipiell sehr gut für Konzentrationsmessungen einzelner Moleküle direkt in dem Gasstrom einer Fumarole eignen. Die Meßmethode benötigt keine Probenaufbereitung, ist in-situ und online anwendbar und eignet sich damit hervorragend für Langzeitmessungen. Erfolgt die Laseranregung im Spektralbereich um $1,5705 \mu\text{m}$, so lassen sich aus einem Wellenlängenscan simultan die Konzentrationen von H_2S , H_2O und CO_2 bestimmen. Die Dauer für die Aufnahme eines Datensatzes beträgt typischerweise 45 Sekunden, so daß beispielsweise jede Minute ein Satz von Konzentrationen dieser Spezies für Dauerüberwachungen ermittelt werden kann. Damit wurden von unserer Arbeitsgruppe die physikalischen Grundlagen für eine neue Meßmethode erarbeitet und in ersten Feldexperimenten erfolgreich getestet. Das langfristige Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung geeigneter Sensorsysteme zur Früherkennung von Vulkantätigkeiten. In diesem Jahr sind zunächst weitere Messungen am Solfatara geplant, die nach erfolgreichem Abschluß dann an dem aktiven Vulkan Galeras in Kolumbien fortgesetzt werden sollen. Dieses Projekt wird in enger Kooperation mit der BGR Hannover durchgeführt.

Eine weitere Anwendung finden diese faseroptischen Evaneszenzfeld-Lasersensoren in der industriellen thermischen Prozeßkontrolle. Seit Anfang 2002 wird im Rahmen eines BMBF-Verbundprojektes dieses Meßverfahren derart modifiziert und weiterentwickelt, daß beispielsweise O_2 oder CO in der Ofenatmosphäre einer Glasschmelzanlage in-situ und online nachgewiesen werden können, was eine aktive Prozeßkontrolle der Anlage ermöglicht und somit erhebliche wirtschaftliche Vorteile bzgl. Energieverbrauch und Glasqualität zur Folge hat. Diese Arbeiten werden in direkter Zusammenar-

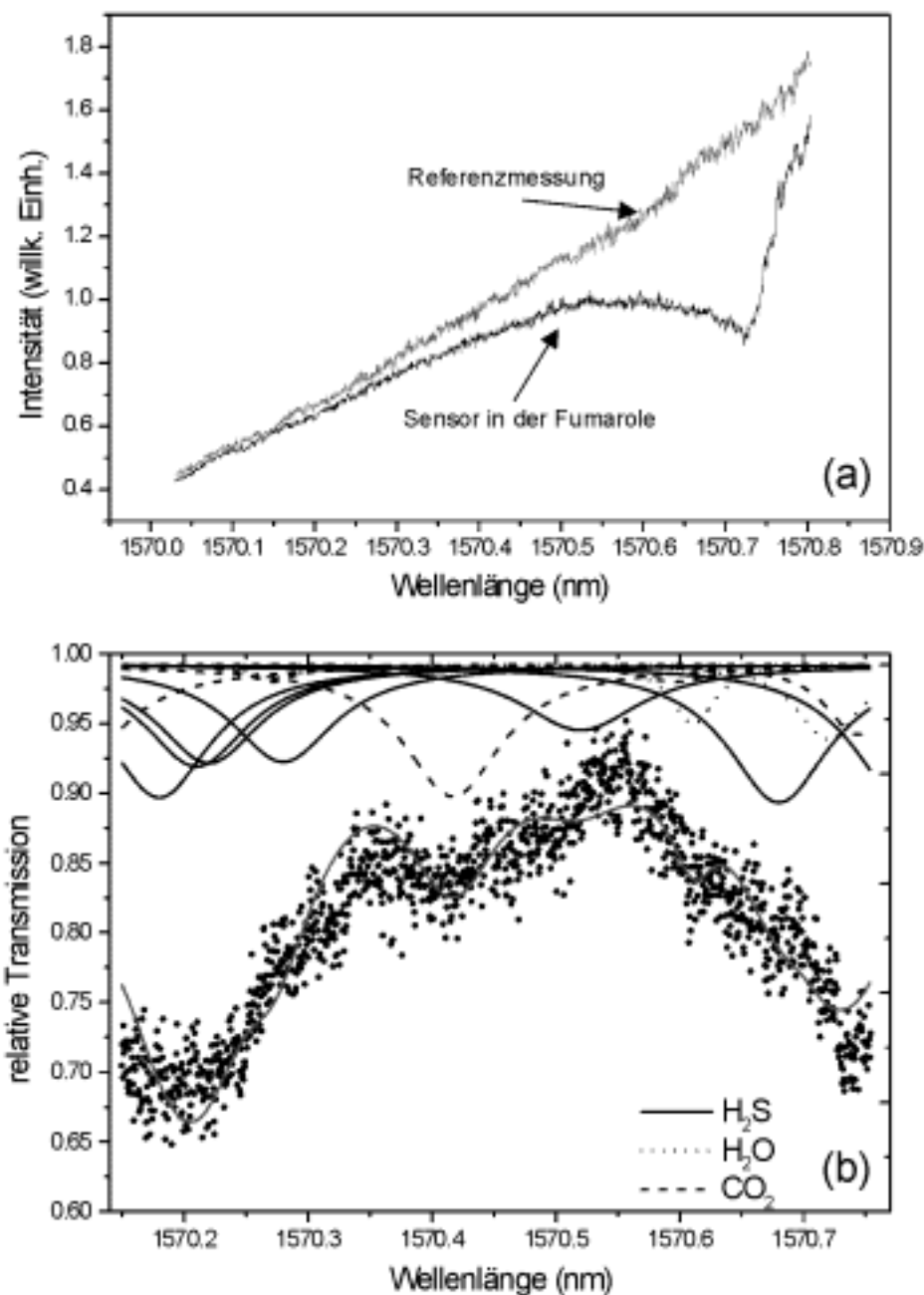


Bild 5a: Rohmeßdaten des Lasersensors, gemessen neben der Fumarole (obere Meßkurve) und direkt im Gasstrom der Fumarole (untere Meßkurve)

Bild 5b: Numerische Anpassung der untergrundkorrigierten Meßdaten durch Voigt-Profile zur simultanen Detektion von H_2S , H_2O und CO_2 (Punkte: Meßdaten; Linie durch die Meßpunkte: Einhüllende der angepaßten Voigt-Funktionen)

beit mit den Firmen Genthe Glas in Goslar und Systekum in Glücksburg durchgeführt.

Anm. d. Red.: Die diesem Aufsatz zugrundeliegenden Arbeiten werden vom BMBF unter den Kennzeichen 13N6883A und 13N8044 gefördert. Ausführliche Literaturangaben sind auf Wunsch bei den Verfassern erhältlich.

Dr. rer.nat. Ulrike Willer
Prof. Dr. rer.nat. Wolfgang Schade
Institut für Physik und Physikalische Technologien
Leibnizstraße 4
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-2280 (Willer)
05323/72-2061 (Schade)
Fax: 05323/72-3600

Dr.-Ing. habil. Hans-Jürgen Kretzschmar zum Honorarprofessor ernannt

Der Rektor der TU Clausthal, Professor Dr. Ernst Schaumann, ernannte Dr.-Ing. habil. Hans-Jürgen Kretzschmar, Freiberg, zum Honorarprofessor für das Fachgebiet der „Untertagespeichertechnik (Porenspeicher)“.

Professor Dr.-Ing. habil. Hans-Jürgen Kretzschmar, als Geschäftsführer der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Freiberg, ein internationaler anerkannter Fachmann auf dem Gebiet der

Modellierung untertägiger Erdgasspeicher, hält seit 1995 auf diesem Gebiet eine Vorlesung an der TU Clausthal, die, naturwissenschaftlich anspruchsvoll, die Studenten mit Problemen der Praxis konfrontiert.

Sein wissenschaftliches Werk umfaßt 53 Beiträge in anerkannten Fachzeitschriften, sein Netz wissenschaftlicher Zusammenarbeit erstreckt sich über die Montanuniversität Leoben, die Berg- und Hüttenakademie Krakau, die TU Miskolc, Frankreich, die Niederlande, bis nach Mailand und Ankara.

Gemeinsam mit dem Clausthaler Institut für Erdöl- und Erdgastechnik (ITE) bearbeitete er in den vergangenen zehn Jahren fünf Forschungsvorhaben und wirkte an der Bergakademie TU Freiberg und der TU Clausthal als Gutachter bei acht Promotionen und einer Habilitation mit. ■

Prof. Dr.-Ing. Werner Heye in den Ruhestand verabschiedet

Der Rektor der TU Clausthal, Professor Dr. Ernst Schaumann, verabschiedete Prof. Dr.-Ing. Werner Heye, Institut für Werkstoffkunde und Werkstofftechnik.

Professor Heye promovierte 1967 an der TH Clausthal und wurde 1969 habilitiert. Die Venia legendi wurde ihm für das Fachgebiet der Metallkunde verliehen. Im Jahre 1971 wurde Dr.-Ing. habil. Werner Heye Professor und Abteilungsvorsteher und im Jahr 1978 Universitätsprofessor. ■

Fellowship für Professor Frischat

Die Society of Glass Technology, England, hatte Prof. Dr. Günter H. Frischat, Institut für Nichtmetallische Werkstoffe, Technische Universität Clausthal, im Jahr 2000 zum Fellow gewählt. Das Überreichen der Ernennungsurkunde fand im vergangenen Frühjahr im Rahmen des 19. Internationalen Glaskongresses statt, der von der Society of Glass Technology in Edinburgh, Schottland, veranstaltet wurde. An diesem internationalen Kongress nahmen über 800 Glaswissenschaftler und -techniker teil und bildeten einen würdigen Rahmen für die Zeremonie. Prof. Frischat erhielt während einer Feier die Urkunde vom Präsidenten der Society of Glass Technology Mr. John Henderson überreicht.

Dr. Karel Mazac zum Honorarprofessor ernannt

Der Rektor der TU Clausthal, Prof. Dr. Ernst Schaumann, ernannte Dr. K. Mazac im November zum Honorarprofessor für das Fachgebiet der Schweißtechnik. Dr. Mazac ist seit 1993 Lehrbeauftragter am Institut für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren und bereichert die Lehre um die praxisrelevante Industrieerfahrung. Zugleich ist er forschend mit Prof. Dr.-Ing. U. Draugelates und Frau Dr.-Ing. A. Schram im Sonderforschungsbereich „Fertigen in Feinblech“ erfolgreich aktiv.

Geboren 1941 in Prag, studierte K. Mazac von 1958 - 1961 an der Westböhmisches Universität Pilsen Hochfrequenztechnik. Nach acht Jahren (1967 - 1975) an der Universität Pilsen gelang ihm die Emigration in den Westen. Als Forschungs- und Entwicklungsingenieur bei der Firma KUKA Schweißanlagen GmbH in Augsburg tätig, wurde ihm 1988 die Leitung der Prozeßtechnik/Sonderverfahren übertragen. 1991 promovierte er mit einer Arbeit zur „Berechnung von Magnetfeldern und der Erweiterung auf Berechnungen von Streutransformatoren“. Berufsbegleitend ist Prof. Mazac neben seinem Engagement in Clausthal Dozent an der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt in München und Lehrbeauftragter an der Westböhmisches Universität Pilsen.

Anzeige



Seit 1829 Hand in Hand mit der Hochschule: Die Grosse'sche Buchhandlung (links)

Ihre Fachbuchhandlung für:

Technik · Naturwissenschaften · Bergbau · Umwelttechnik

GROSSE'SCHE BUCHHANDLUNG

ADOLPH-ROEMER-STRASSE 12 · TEL. (053 23) 9 39 00 · FAX (053 23) 93 90 20

<http://www.grosse.harz.de> · e-mail: buch@grosse.harz.de

D-38668 CLAUSTHAL-ZELLERFELD

Ruferteilungen und Rufannahmen

Herr apl. Prof. Dr. Detlef Kip, Osnabrück, erhielt den Ruf auf die Universitätsprofessorenstelle C3 für Experimentalphysik/Optische Technologien und trat sie zum Sommersemester 2002 an.

Herr Univ.-Prof. Dr. Wilhelm Oppermann, Universität Stuttgart, erhielt den Ruf auf die C4-Professur für Physikalische Chemie (Polymere).

Herr Dr. Thomas Seidl, Unterhaching, erhielt den Ruf auf die Universitätsprofessorenstelle C3 für Datenbanken.

Frau Prof. Dr. Leena Suhl, Universität-Gesamthochschule Paderborn, erhielt den Ruf auf die Universitätsprofessorenstelle C4 für Wirtschaftsinformatik.

Herr Dr.-Ing. Volker Wesling, Clausthal-Zellerfeld, erhielt den Ruf auf die Universitätsprofessorenstelle C4 für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren.

Dr. Odej Kao, Institut für Informatik der TU Clausthal, hat einen Ruf auf die C3-Professur „Verteilte Systeme“ an der Universität Paderborn, Fachbereich Mathematik und Informatik, erhalten und zum Sommersemester 2002 angetreten.

Prof. Dr.-Ing. Jischa hielt seine letzte Vorlesung

Abschied nur als Lehrender

Von Matthias Schlicht

Über 240 Menschen saßen im überfüllten und maritim geschmückten CUTEK-Saal, als Prof. Dr.-Ing. Michael F. Jischa am 11. Februar 2002 seine letzte Vorlesung hielt. Mit ihr nahm er Abschied von der Technischen Universität Clausthal, aber „nur als Lehrender, nicht als Forschender und Schreiber“.

Der Termin seiner „Abtrittsvorlesung“ fiel gleichzeitig auf seinen 65. Geburtstag. Diese „Punktlandung“, so mutmaßte Rektor Prof. Dr. Schaumann in seinem Grußwort, sei vielleicht kein Zufall, sondern ein Indiz für Jischas bereits „pränatal vorhandenes dynamisches Denken“.

Jischa bot in seiner letzten Vorlesung eine Zusammenfassung seines Kollegs „Zivilisationsdynamik“. In 60 Minuten gelang ihm eine Übersicht über die Menschheitsgeschichte von der neolithischen bis zur digitalen Revolution. Die Bedeutung der gesellschaftlich prägenden Ideale stellte er besonders heraus: Was früher die Religion und später die Wissenschaft an Leitbildern für gesellschaftliches Handeln bot, das hat heute die Globalisierung übernommen. Am Ende seiner „leidenschaftlichen Lehrertätigkeit“ forderte Jischa – in gewohnt scharfer, aber auch humorvoller Rhetorik – die Einrichtung eines „Nachhaltigkeits-Managements“.

Grußworte verschiedener Persönlichkeiten aus allen Bereichen des (uni)öffentlichen Lebens wür-

digten Person und Werk Prof. Jischas, der nach fast 21 Jahren Professur an der TU Clausthal nun zum Ende des Wintersemesters emeritiert wurde. Seine Spuren, die er etwa mit dem „Forum Clausthal“ gesetzt hat, werden bleiben und von anderen weitergeführt.

Die Hoffnung besteht jedoch, daß seine Stimme auch weiterhin in Clausthal zu hören sein wird. Denn es wurde gemunkelt, daß zwischen den Segelrevieren Ostsee und Mittelmeer Clausthal-Zellerfeld immer noch ein guter Zwischenstop sei. Als schließlich noch der Einbecker Shantychor sang „In der Heimat, da glühn deine Sterne“, hoffte der ganze Saal auf ein baldiges Wiedersehen und Wiederhören mit und von Prof. Jischa.

*Dr. theol. Matthias Schlicht
Evangelische Studentengemeinde
Graupenstraße 1A
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/1344*



Abschied von der TU Clausthal nach 41 Semestern - Professor Jischa bei seiner "Abtrittsvorlesung" vor dem überfüllten CUTEK-Saal

Dr. Jürgen Zimmermann zum Professor für Betriebswirtschaftslehre und Unternehmensforschung ernannt

Der Rektor der TU Clausthal, Professor Dr. Ernst Schaumann, ernannte Dr. Jürgen Zimmermann zum Professor für Betriebswirtschaftslehre und Unternehmensforschung.

Professor Zimmermann, Jahrgang 1963, studierte nach dem Wehrdienst Wirtschaftsmathematik

in Karlsruhe (1985 - 1991), promovierte im Jahr 1995 und habilitierte sich im Jahr 2000 (Venia legendi für das Fachgebiet Betriebswirtschaftslehre insbesondere Operations Research, Produktion und Logistik). Im vergangenen Jahr vertrat er den Lehrstuhl für Informations- und Technologiemanagement an der Universität des Saarlandes. ■



Dr. Jürgen Zimmermann



Kanzler Dr. Peter Kickartz (li.) , Rektor, Prof. Dr. Ernst Schaumann (Mitte) Dr. Helmut Cyntha (rechts).

Universitätsdirektor Dr. Helmut Cyntha verabschiedet

„Eine Universität ohne eine Bibliothek wäre wie ein Auto ohne Benzin. Sie, lieber Herr Dr. Cyntha, haben seit 1984 unsere Universitätsbibliothek immer still und erfolgreich geführt. Man wusste, das ist bei Ihnen in guten Händen“, sagte der Rektor, Professor Dr. Ernst Schaumann, anlässlich der

heutigen Verabschiedung des Direktors der Universitätsbibliothek, Dr. Helmut Cyntha. Der Kanzler, Dr. Peter Kickartz, überreichte die Entlassungsurkunde der Universität und dankte Dr. Cyntha für seine guten, von allen Seiten anerkannten Dienste als Archivar der Universität, als Leiter der Bibliothek und Senatsbeauftragter für Vortragsveranstaltungen. ■

Ehrenbürger Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. eh. Theodor Kootz

Im Alter von 91 Jahren verstarb am 19. März Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. eh. Theodor Kootz.

Geboren 1911 in Herrenhut in Sachsen, studierte Theodor Kootz Eisenhüttenkunde in Clausthal und Aachen. Seit 1938 als Ingenieur bei der August-Thyssen in Hamborn tätig, promovierte er 1940 an der RWTH Aachen. Die Bergakademie Clausthal ist ihm besonders zu Dank verpflichtet, ging er doch nach dem 2. Weltkrieg mit Professor Dr. Willy Oelsen daran, das Studium der Eisenhüttenkunde hier

wieder aufzubauen. Nach seiner Habilitation im Jahre 1949 wurde er im Jahre 1956 zum außerplanmäßigen Professor an der Bergakademie Clausthal ernannt. Während Oelsen die thermodynamischen Grundlagen der Metallurgie behandelte, brachte Theodor Kootz die Erfahrungen bei der Anwendung dieser Erkenntnisse auf die Eisenhüttenprozesse in die Clausthaler Metallurgenausbildung ein. Im Jahre 1965 verlieh ihm die Bergakademie Freiberg die Ehrendoktorwürde. Seit 1957 bis zu seinem Ruhestand im Jahre 1976 leitete Professor Kootz die For-

schungsabteilung der August-Thyssen-Hütte AG. Sein wissenschaftliches Werk, nahezu 100 Veröffentlichungen, reichte von der Eisen- und Stahlerzeugung bis in das Gebiet der Werkstoffkunde der Stähle. 1981 ehrte ihn die TU Clausthal mit der Verleihung der Ehrenbürgerwürde. Als Referent bei den „Beuroner Tagen für Wirtschaftsethik“ befasste er sich nach seiner Pensionierung mit sozialethischen, umweltpolitischen und kulturellen Fragestellungen und gab aus Sicht des Ingenieurs Antworten zur Gestaltung der Gesellschaft. ■

Karl-Schnabel-Gedenkmedaille an Frau Gertrud Gayer

Die Karl-Schnabel-Gedenkmedaille wurde am 15. Februar in der Aula der Universität an Frau Gertrud Gayer verliehen. Frau Gayer begann ihre Tätigkeit im Jahre 1965 an der Bergakademie Clausthal und leitete seit 1971 das Prüfungsamt für die Ingenieure. Bis zu ihrer Pensionierung im Sommer 2000 war sie für die Clausthaller Studentenschaft eine Institution. Auch zwischen den Zeilen habe sie, so zitierte der Dekan, Professor Dr. Albrecht Wolter, aus einer Arbeitsplatzbeschreibung des Kanzlers, Dr. Kickartz, nach „Rettung für schiffbrüchige Studenten gesucht.“

„Doch auch wenn Sie in ihrem Bewerbungsphoto aussahen wie eine Krankenschwester,

konnten Sie sehr rabiät werden, wenn Sie sich getäuscht fühlten. So erwarben Sie sich ihren legendären Ruf durch Fürsorge und harte Erziehung“, sagte Professor Wolter.

„Auch nach ihrer Pensionierung sind Sie aktiv. So sah ich Sie kürzlich am Steuer des Bürgerbusses, und Sie sind Ehrenmitglied der einzigen weiblichen Studentischen Vereinigung, den Orejaden, Wesen, die, der Sage nach, Bergnymphen, ja, göttliche Wesen sind“, sagte Professor Wolter.



Frau Gertrud Gayer mit Prof. Dr. Albrecht Wolter

Frau Dr.-Ing. Babette Tonn zur Professorin für Gießereitechnik ernannt

Der Rektor der TU Clausthal, Professor Dr. Ernst Schaumann, ernannte Frau Dr.-Ing. Babette Tonn zur Professorin für Gießereitechnik.

1968 in Perleberg geboren, studierte Babette Tonn nach einem zehnmonatigen Praktikum im Nähmaschinenwerk in Wittenberge an der TU Bergakademie Freiberg Gießereitechnik (1987 -

1992). Ihren wissenschaftlichen Weg begann sie 1992 als Doktorandin im Graduiertenkolleg „Werkstoffphysikalische Modellierung“. Sie promovierte 1997. Im Anschluss an ihrem Aufenthalt als Gastwissenschaftlerin an der NTNU Trondheim (1996 - 1998) in Norwegen war Frau Dr.-Ing. Tonn zuletzt als Technische Assistentin der Geschäftsleitung in der Gießerei von Roll in Dölmont/Schweiz tätig. ■



Bei der Ernennung

Prof. Dr. Rudolf Schwinn in den Ruhestand verabschiedet

Der Rektor der TU Clausthal, Professor Dr. Ernst Schaumann, verabschiedete Professor Dr. Rolf Schwinn, Institut für Wirtschaftswissenschaft, in den Ruhestand. Professor Schwinn, in Goslar als Sohn eines Bergmanns geboren, studierte an der Bergakademie Clausthal Bergbau und wurde mit einer wirtschaftswissenschaftlichen Arbeit auf dem damals noch jungen Gebiet des Operations Research im Jahre 1968 promoviert.

Dr. Schwinn blieb an der TU Clausthal als wissenschaftlicher Assistent (1969) und wissenschaftlicher Oberassistent (1972). Die Venia legendi und die Habilitation wurden ihm Jahre 1974 erteilt. Seiner Universität blieb er, mit Ausnahme einer Lehrvertretung an der Freien Universität Berlin, treu, wurde hier außerplanmäßiger Professor (1977) und im Jahr 1980 nahm Schwinn den Ruf auf die C3-Professur für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre an. In Ehrenämtern setzte sich Professor Schwinn für die Universität ein, als Vorsitzender des Studentenwerks in den unruhigen siebziger Jahren, als Dekans des Fachbereichs Geowissenschaften, Bergbau und Wirtschaftswissenschaften, sowie als Kooperationsbeauftragter für die Partnerschaft mit der Berg- und Hüttenakademie (AGH) Krakau.

Mit Verve trieb Schwinn die Einrichtung des neuen, erfolgreichen Studiengangs „Wirtschaftsingenieurwesen“ voran. Die erweiterte fachliche

Ausrichtung des Instituts für Wirtschaftswissenschaft, von zwei auf fünf Professuren, trägt seine Handschrift. So dankten ihm der Rektor, für die Fakultät, Prof. Dr. Hans-Jörg Barth, und von Seiten der „jungen“, verbleibenden Professoren als Direktor des Instituts für Wirtschaftswissenschaft, Prof. Dr. Stefan Helber, für sein Engagement und seine Leistungen zum Wohl der Universität.



Professor Dr. Rolf Schwinn (Bildmitte) mit der Hochschulleitung und Wegbegleitern.

Professor Dr. Peter Zugenmaier in den Ruhestand verabschiedet



Professor Dr. Peter Zugenmaier

Der Prorektor für Studium und Lehre, Professor Dr. Thomas Hanschke, verabschiedete Professor Dr. Peter Zugenmaier, Institut für Physikalische Chemie, in den Ruhestand. Professor Zugenmaier, der die neu gewonnene Freiheit zu Forschungsaufenthalten bei befreundeten Wissenschaftlern in den USA, Japan, den Niederlanden und in Italien nutzen will, forscht auf dem Gebiet der Methodenentwicklung zur Strukturaufklärung von Faserstoffen und klärt Strukturen von Biopolymeren aus erneuerbaren Ressourcen, von Modellsubstanzen in fester und flüssigkristalliner Phase auf.

Zugenmaier studierte in Freiburg Physik und wurde im Jahr 1969 promoviert mit einer Arbeit zur Strukturaufklärung von Kunststoffen. 1970 setzte Peter Zugenmaier seine Studien an der Universität von New York, Syracuse, in den USA fort. Hier fand er in Professor A. Sarko einen Partner, mit dem er über viele Jahre auf dem Gebiet der rechnerischen Simulation großer Moleküle

(Polysaccharide) kooperierte. Wieder zurück in Deutschland, verfolgte er seine wissenschaftlichen Fragestellungen am Institut für Makromolekulare Chemie, Hermann-Staudinger-Haus, in Freiburg weiter. 1979 wurde ihm die Venia Legendi für Makromolekulare Chemie nach der Habilitation über „Konformationsanalyse von Oligo- und Polysacchariden“ verliehen. Im Jahr 1980 berief ihn die TU Clausthal auf die C3-Professur für Physikalische Chemie. Über vierzig Doktorarbeiten entstanden in seinen Clausthaler Jahren unter seiner Ägide, zwei Habilitanden konnte er begleiten, drei Humboldt-Stipendiaten kamen in seine Arbeitsgruppe als Gastwissenschaftler und zwei Arbeiten von Mitarbeitern wurden mit dem Förderpreis des Vereins von Freunden der TU Clausthal ausgezeichnet. Über 200 Veröffentlichungen umfasst sein wissenschaftliches Werk.

Zugenmaier suchte und fand stets den Kontakt zu den Besten seines Fachs im In- und Ausland, so 1987 als Gastwissenschaftler auf Einladung der Japanischen Wissenschaftsgesellschaft in Sapporo, und, mit der Zielstellung, die Anforderungen an Chemiker in der Industrie für seine Arbeit als Hochschullehrer aufzunehmen, als Gast am XEROX Forschungszentrum in Mississauga, Ontario, (1987) in Kanada und in Rochester, New York, in den USA (1994). ■

Dr. habil. Thomas Prellberg zum Oberassistenten ernannt

Der Kanzler der TU Clausthal, Dr. Peter Kickartz, ernannte Dr. rer.nat. habil. Thomas Prellberg, geboren 1964, zum Oberassistenten im Institut für Theoretische Physik.

Herr Dr. habil. Prellberg studierte von 1983 - 1985 an der TU Braunschweig Mathematik und Physik, ging von dort in die USA und schloss sein Studium an der Virginia Tech 1991 mit der Promotion ab.

Als Gastwissenschaftler erhielt er die Auszeichnung in den Jahren 1989 und '90 an das Weizmann Institut in Israel, Rehovot, gehen zu können. Weitere Forschungsaufenthalte führten in an die Universität von Melbourne in Australien (1991 - 1994), an die Universität Oslo (1994- 1996) in Norwegen und von 1996 - 1999 an die Universität Manchester in Großbritannien. Von der Gastprofessur an der Syracuse Universität in den USA (1999-2000) gelang es der TU Clausthal, ihn für die hiesige Theoretische Physik zu gewinnen (Januar 2002, Habilitation).

Früh zeigte sich sein Interesse, praktische Fragen analytisch zu durchdringen. So beispielsweise als

Werkstudent bei SIEMENS, Eisenbahnsignaltechnik, in Braunschweig (Sommer 1983, März 1984), im SIEMENS Forschungs- und Entwicklungszentrum in Erlangen (Sommer 1984) oder der DORNIER System GmbH in Friedrichshafen (1988).

Die Habilitationsschrift befasst sich mit der Modellierung von Polymeren, langen Kettenmolekülen, in Lösung. In einer guten Lösung schwimmt ein Polymer ausgedehnt im Lösungsmittel, während in einer schlechten Lösung das Polymer zu einem Knäuel verklumpt ist. Von besonderem Interesse ist der Übergang zwischen diesen beiden Aggregatzuständen. Weitere aktuelle Forschungsgebiete von Herrn Dr. rer.nat. habil. Thomas Prellberg sind: Dynamik ungeordne-



Bei der Ernennung (v.l.n.r): Dr. habil. Thomas Prellberg, Dirk Wieczorek, Verwaltung, Dr. Peter Kickartz, Kanzler, Prof. Dr. Peter Blöchl, Institut für Theoretische Physik.

ter Medien wie z.B. Flusslinien in Typ-II Supraleitern, Algorithmenanalyse mit Hilfe von Methoden der Statistischen Physik und die Spektralanalyse von Transferoperatoren. Eine mathematische Konstante ist nach ihm benannt. ■

Prof. Dr.-Ing. Klaus Koch in den Ruhestand verabschiedet



Prof. Dr.-Ing. Koch (Bildm.) mit dem Rektor Prof. Dr. E. Schaumann (li.) und Prof. Dr.-Ing. H. Palkowski.

Der Rektor der TU Clausthal, Professor Dr. Ernst Schaumann, verabschiedete im Oktober 2001 Professor Dr.-Ing. Klaus Koch, Institut für Metallurgie, und dankte ihm für seine zum Wohl der TU Clausthal geleistete Arbeit.

Dem Dank schlossen sich für den Fachbereich Physik, Metallurgie und Werkstoffwissenschaften der Dekan Professor Dr.-Ing. Jürgen G. Heinrich und für das Institut für Metallurgie Professor Dr.-Ing. Heinz Palkowski an.

Professor Dr.-Ing. K. Koch leitete lange Jahre den Arbeitskreis Werbung des Fachbereichs. Gleichfalls übernahm er als Dekan Verantwortung für die Entwicklung der Universität.

Geboren 1936 in Dortmund, studierte Klaus Koch an der Bergakademie Clausthal Eisenhüttenkunde und promovierte im Jahr 1967 an der TH Clausthal. Ein Jahr zuvor, 1966, wurde er Oberingenieur am Institut und im Jahr 1970 Leiter der Arbeitsgruppe „Eisenhüttenprozesse“. Mit der Habilitation im Jahr 1971 wurde er zum Universitätsdozenten ernannt. Von 1970 bis 1973 vertrat Dr.-Ing. Koch den Lehrstuhlinhaber und Institutsdirektor Professor Dr. phil. Gerhard Trömel während dessen Rektoratszeit. Im Jahre 1978 wurde er zum Professor ernannt. ■

Zum Tode von Prof. Dr. K. Leschonski

Die Umweltforschung war sein Lebenswerk

Die Technische Universität Clausthal und das Clausthaler-Umwelttechnik-Institut, CUTEC GmbH, trauern um ihren Altrektor, engagierten Hochschullehrer, herausragenden Forscher und Gründungsgeschäftsführer der CUTEC, Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Kurt Leschonski, der am 21. März im Alter von 71 Jahren nach schwerer Krankheit verstarb.

Geboren 1930 in Düsseldorf, studierte Kurt Leschonski an der TH Karlsruhe und wurde 1965 promoviert. Nach weiteren wissenschaftlichen Stationen an der Universität Loughborough in England und der TH Karlsruhe kam Kurt Leschonski 1971 an die TU Clausthal. In den Jahren von 1983 - 1987 diente er ihr als Prorektor und Rektor. In dieser Zeit legte er mit der Gründung des Forschungsverbundes Umwelttechnik, dem zwei Drittel aller Clausthaler



Prof. Dr. K. Leschonski

Professoren beitrugen, das fachliche Fundament für die Gründung der Clausthaler-Umwelttechnik-Institut GmbH im Jahre 1990, welche anwendungsnah Forschungs- und Entwicklungsaufgaben auf dem Gebiet der Abwasser- und Abluftreinigung sowie der Bodensanierung und des prozessintegrierten Umweltschutzes bearbeitet.

Professor Leschonski erhielt Rufe an die TH Delft (1971) an die TU Hamburg-Harburg und an die Universität von Houston Texas (1979). Kurt Leschonski war Träger amerikanischer, deutscher und japanischer Ehrungen und Auszeichnungen, sowie des Verdienstkreuzes 1. Klasse des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland.

Im CUTEC-Institut konnte er sich als Ingenieur auf die praxisnahe Entwicklung umweltschonender Verfahren für die Industrie konzentrieren. ■

Prof. Dr.-Ing. Klaus Kühn wurde mit dem Wendell D. Weart-Preis für sein Lebenswerk ausgezeichnet

Professor Dr.-Ing. Klaus Kühn, Institut für Bergbau, wurde am 26. Februar im Rahmen des jährlich stattfindenden amerikanischen Symposiums zur Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle sowie der Stilllegung und Sanierung kerntechnischer Anlagen für sein Lebenswerk mit dem Wendell D. Weart-Preis ausgezeichnet.

In seiner Laudatio sagte Dr. Wendell D. Weart : „Es ist selten, dass ein Einzelner zwei, drei Jahrzehnte seines Lebens der Erforschung zur sicheren Endlagerung radioaktiver Abfälle widmet. Heute ehren wir mit Professor Dr.-Ing. Klaus

Kühn einen Menschen, der eine solche Zeitspanne noch übertrifft: Er begann seine beruflichen Werdegang im Institut für Tieflagerung in dessen Gründungsjahr 1965. Das Institut war eigens für den Zweck der Erforschung zur sicheren Endlagerung radioaktiver Abfälle eingerichtet worden.“

1968 promovierte Klaus Kühn an der TU Clausthal, im Jahr 1973 wurde er Direktor des Instituts für Tieflagerung und 1987 Honorarprofessor an der TU Clausthal, im Jahr 1995, nach der Auflösung des Instituts für Tieflagerung, wissenschaftlicher Leiter des Forschungsbergwerks Asse. Im Bergwerk Asse wurden nahezu alle in-situ Studien zur

Endlagerung radioaktiver Abfälle durchgeführt.

„Neben den Forschungstätigkeiten in Deutschland war Professor Kühn über die Jahre hinweg aktiv in die Bemühungen zur Abfallentsorgung auf internationaler Ebene eingebunden. Er gehörte Arbeitskreisen der Internationalen Atomenergiebehörde, (IAEA), der Kernenergiebehörde, (NEA), der OECD-Länder sowie der Europäischen Kommission an. Für zehn Jahre war Kühn der deutsche Vertreter im Technischen Inspektionskomitee der internationalen Atomenergie-Behörde, und er gehörte im Jahr 1973 dem Gutachtergremium zum finnischen Konzept der Entsorgung radioaktiver Abfälle an. Als die

Atomenergiebehörde der OECD im Jahr 1975 ein Gremium zu geologischen Langzeitbarrieren einrichtete, wurde Kühn deren erster Vorsitzender und diente dem Gremium in dieser Funktion sieben Jahre“, berichtete Wendell D. Weart.

1999 nahm die Schweizer Organisation zur Endlagerung radioaktiver Abfälle Professor Kühn in ihren wissenschaftlichen Beirat auf, im gleichen Jahr wurde er für den neuen Arbeitskreis „Auswahlverfahren Endlagerstandorte“ benannt, ein Gremium, das vom deutschen Bundesumweltministerium mit der Zielstellung eingerichtet wurde, wissenschaftlich-technische und sozialwissenschaftliche Kriterien zur Findung neuer Endlagerstandorte zu erarbeiten.

Abschließend dankte Dr. Weart Professor Klaus Kühn für seinen Rat bei den Forschungen im amerikanischen Versuchsbergwerk zur Einlagerung radioaktiver Abfälle: „Das amerikanische Expertengremium zur Begutachtung eines potentiellen Endlagerstandortes im Yucca-Gebirge konsultierte ihn mehrfach. Für die Betreiber des amerikanischen Versuchsbergwerks erwiesen sich die Erfahrungen in Deutschland als sehr nützlich.“



■ **Professor Dr.-Ing. Klaus Kühn mit Dr. Wendell Weart**

Alexander-von-Humboldt-Forschungspreis 2001 der polnischen Wissenschaftsgesellschaft verliehen

Die Gesellschaft für Wissenschaft Polens (FNP) hat die Herrn Professoren M. Denker, Universität Göttingen, P. Hänggi, Universität Augsburg, H. Lange-Bertalot, Universität Frankfurt/M., K.G. Rudolph, Universität Lei-

pzig, und R. A. Schwarzer, TU Clausthal, mit dem Alexander-von-Humboldt-Forschungspreis („Alexander von Humboldt Polish Honorary Research Fellowship“) für das Jahr 2001 ausgezeichnet.

arbeit zwischen polnischen und deutschen Akademikern. An die Preisträger ergeht die Einladung, Forschungsprojekte ihrer Wahl gemeinsam mit ihren Kollegen im Gastland Polen durchzuführen.

Prof. Dr. Robert Schwarzer kam nach dem Studium und der Promotion in Angewandter Physik an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen sowie nach einem längeren Forschungsaufenthalt an der Staatsuniversität Campinas (UNICAMP), Brasilien, vor 20 Jahren an das Institut für Metallkunde und Metallphysik der TU Clausthal. Er widmete sich - aufbauend auf den Pionierarbeiten der früheren Institutsleiter Prof. Dr. G. Wassermann und Prof. Dr. H.J. Bunge - der experimentellen und quantitativen Texturanalyse. Seit 1998 ist Schwarzer Leiter der „Arbeitsgruppe Textur“ am Institut für Physik und Physikalische Technologien der TU Clausthal.

Prof. Schwarzer hat ganz massgeblich zum enormen Fortschritt beigetragen, den die Materialwissenschaft auf dem Gebiet der lokalen Texturanalyse in den letzten Jahren international verzeichnen konnte. Dazu zählt sowohl die vollautomatische Messung der einzelnen Kristallorientierungen im Gefüge mittels Raster- und Transmissions-Elektronenmikroskopen („EBSD“, „ACOM“), als auch die Messung lokaler Polfiguren im Transmissions-Elektronenmikroskop und die Texturkartographie mit der Röntgen-Rastertechnik. ▶

Seit 1996 wurde dieser Preis an 13 herausragende deutsche Wissenschaftler verliehen. Er stellt das Gegenstück zum Humboldt-Forschungspreis dar, den die Alexander-von-Humboldt-Gesellschaft an ausländische Spitzenforscher vergibt. Die Intention der Preisverleihung ist sowohl die Anerkennung der hervorragenden wissenschaftlichen Leistung der Preisträger als auch die Förderung einer dauerhaften Zusammen-



Professor Dr. Robert Schwarzer

Seine Arbeiten finden weltweite Anerkennung. Er wird regelmäßig zu Kolloquien und Tagungen eingeladen, um über die Möglichkeiten dieser neuen Techniken vorzutragen. Rund 150 wissenschaftliche Veröffentlichungen tragen seinen Namen.

Die wissenschaftliche Zusammenarbeit und der Studentenaustausch über Ländergrenzen hinweg liegen ihm besonders am Herzen. Damit steht er in der Tradition des früheren Instituts für Metallkunde und Metallphysik der TU Clausthal, das unter Prof. Dr. H. J. Bunge seit Jahrzehnten eine beispielgebende enge Partnerschaft mit dem

LM2P der Universität Metz (Frankreich) unterhalten hat. Aus Indien war kürzlich Herr Dr. A.K. Singh als Alexander-von-Humboldt-Stipendiat für 18 Monate sehr erfolgreich in der Arbeitsgruppe Textur tätig. Auch mit dem Aleksander Krupkowski Institut für Metallurgie und Materialwissenschaft der Polnischen Akademie der Wissenschaften (PAN) in Krakau und der Stanislaw Staszic Universität für Bergbau und Metallurgie (AGH) Krakau besteht seit Mitte der achtziger Jahre eine enge Zusammenarbeit in Form von gemeinsamen studentischen Exkursionen, Tagungsvorträgen und regem Austausch von Wis-

senschaftlern. So ist Herr Prof. Schwarzer kürzlich zum Mitglied im Internationalen Beraterkomitee des „Kompetenzzentrums für Nano- und Mikrobereichs-Charakterisierung und Entwicklung neuer Werkstoffe“ nominiert worden, das gerade mit Unterstützung der EU in Krakau eingerichtet werden soll. Diese bewährte Kooperation kann nun dank der Verleihung des Alexander-von-Humboldt-Forschungspreises verstärkt fortgesetzt werden. Der Preis ist für Herrn Prof. Schwarzer mit einem sechsmonatigen Forschungsaufenthalt an der Polnischen Akademie der Wissenschaften in Krakau verbunden. ■

Ehrenteller an Dipl.-Ing. Wolfgang Schütze und Oberstudienrat Helmut Schirmer

Dipl.-Ing. Wolfgang Schütze, langjähriger Direktor der Berg- und Hüttenschule Clausthal, der Universität durch seine humoristischen Beiträge als „tz“ zum Bohr- und Sprengtechnischen Kolloquium und sein Buch, *Der Kontrapunkt*, verbunden, mithin ein feinsinnige Begleiter des Universitätslebens, wurde im Rahmen der

feierlichen Überreichung der Diplom- und Doktorurkunden am 15. Februar in der Aula der Universität mit dem Ehrenteller der Universität ausgezeichnet.

Oberstudienrat Helmut Schirmer, im 81ten Lebensjahr stehend und seit 45 Jahren als Deutsch-

lehrer für die ausländischen Studienanfänger an der TU Clausthal tätig, wurde gleichfalls mit dem Ehrenteller geehrt. „Es ist das Verdienst der Hochschule und der Einwohner Clausthal-Zellerfelds den vielen jungen Fremden in all den Jahrzehnten gastfreundlich entgegengetreten zu sein“, sagte Helmut Schirmer. ■



Dipl.-Ing. Wolfgang Schütze



Oberstudienrat Helmut Schirmer

Ein kantiger Mann, der für das Wohl der Universität arbeitet

„Sie, lieber Herr Dr. Kickartz, waren und sind ein echter Gewinn für die Technische Universität Clausthal“, sagte Prof. Dr. em. Dr. h.c. Georg Müller als Festredner der Feier zum 60. Geburtstag des Kanzlers am 16. Februar in der Aula der Universität. Eingeladen hatte Dr. Kickartz den engsten Kreis seiner Wirkungsstätte, die Mitarbeiter des Technischen und Verwaltungsdienstes, Magnifizenzen Prof. Dr. Ernst Schaumann, Prorektoren und Altrektoren.

Professor Müller zeichnete den Charakter des Kanzlers. Ein Mann, der keinem Konflikt aus dem Wege ging, bereit anzuecken, wo es das Wohl der Universität, wie er es sah, erforderte: „Die erste ihrer Maßnahmen, die mich beeindruckte, war die zügige Umstellung der Kontrolle unserer Ausgaben bei den vielen verschiedenen Titeln. Bei allen Titeln wurden bis dahin stattliche Reserven gebildet, damit ja nicht die Deckung bei einem Titel überschritten wurde. Da diese Reserven nicht rechtzeitig aufgelöst wurden, flossen an jedem Jahresende mehr als eine halbe Million Mark an den Finanzminister zurück - Mittel, die die Hochschule dringend benötigte. Jetzt aber brach in Ihrer Verantwortung auch in der Finanzbuchhaltung unserer Hochschule das Zeitalter der vernetzten PCs an, und der Finanzminister erhielt von uns zum Jahresschluss keine derartigen Geschenke zurück“, erinnerte Professor Müller an den Amtsbeginn Dr. Kickartz im Jahre 1989.

„Als außerordentlich nützlich wirkte sich die Zentralisierung der Berufungsverhandlungen beim Kanzler als Haushaltsbeauftragten der TU aus.“ Berufungszusagen konnten schneller erfüllt und die Durchsetzung egoistischer Interessen mächtiger Professoren verhindert werden, berichtete Professor Müller.

„Es war neu an der TU, dass der Kanzler von seinen Rechten Gebrauch machte. Manche meiner Kollegen haben sich nur zähneknirschend an derartige neue Zustände gewöhnt“, sagte Müller.

Das Verhältnis zur Stadt sei nicht immer einfach gewesen. „Zur Zeit ihres Amtsantritts hatten wir gerade unser Heizwerk an die Stadtwerke abgeben müssen, und der Stadtdirektor glaubte wohl, man könne die Hochschule noch mehr rupfen.“ Herr Dr. Kickartz habe es verstanden, bei strikter Wahrung der Interessen der Hochschule, entscheidend zu dem guten, vielleicht sogar vertrauensvollen Verhältnis beizutragen, dass derzeit zwischen Universität und Stadt bestehe; Herr Holste sei ihm hierbei eine tüchtige Hilfe gewesen, sagte Müller.

„Sie haben einmal mit mir geschimpft, aber in all den Jahren als Oppositionsführer wusste ich, wenn ich etwas an der TU nicht verstand, ein Anruf bei Dr. Kickartz würde Klarheit bringen“, sagte Bürgermeister Michael Austen.

Er habe sich bei Dr. Kickartz stets an das Goethe-Wort erinnert gefühlt, „Wernicht bedenkt, kommt es an, sondern, ist es recht, der ist frei und nicht Knecht“, sagte Magnifizienz Professor Dr. Ernst Schaumann.

Regierungsdirektor Joachim Drerup überbrachte das Geschenk der Mitarbeiter im Technischen und Verwaltungsdienst, begründete die Wahl mit persönlichen Impressionen. Mehrfach sei er spät abends mit seiner Frau am Hauptgebäude vorbeigegangen. Dort brannte Licht, seine Frau forderte ihn auf, als sparsamer Beamter solle er gehen, das Licht löschen. „Nein, unser Kanzler arbeitet noch“, sei seine Antwort gewesen. Als er jedoch gegen Mitternacht nach einem Kinobesuch dort immer noch Licht gesehen habe, hätte seine Frau vermutet, nun sei der Kanzler über den Akten eingeschlafen. Dies sei jedoch eine Blasphemie, er zweifelte, dass Dr. Kickartz überhaupt die horizontale Lage kenne - das folgerichtige Geschenk, eine bunt geschmückte Gartenliege. So deckten sich Fürsorge der Mitarbeiter mit der Warnung Professor Müllers: „Ihre Aufgabe war für Sie, besonders in den ersten Jahren mit ungeheurem Arbeitsaufwand verbunden, so dass ich Sie mehrfach gewarnt habe, ihre Gesundheit nicht für die Universität zu ruinieren, was glücklicherweise nicht eingetreten ist.“

An den im Liegestuhl am Tage des Geburtstages Ausruhenden, richtete nun Dipl.-Ing. Dieter Kühn, langjähriger Leiter des Bereichs Weiterbildung, seine Worte. Im Spiel der Assoziationen zu den Wesenszügen Dr. Kickartz' „überall mitmischen wollen, Kartenspiel, Peter, Katholik“, landete er, vor der „Tollkühnheit“ seiner Gedanken erschauernd, beim Spiel des „Schwarzen Peters“, den man schnell bei Dr. Kickartz in Händen halten könne. Zeige man jedoch Zivilcourage, erweise sich dieses Kartenspiel jedoch als unzutreffende Chakrakteri-



Dr. Peter Kickartz (li.) und Professor Dr. Georg Müller

sierung des Jubilars. „In meinen Augen ist Herr Dr. jur. Peter Kickartz ein Mensch mit erstaunlich gefestigter Prinzipientreue und ausgeprägtem Beharrungs- und Durchhaltevermögen. Ein Mensch, der gern mitmisch, der zwar ab und zu schwarz sieht und manches auch gern im Dunklen läßt, der aber über alles seine weiße Weste liebt, und der seine Treue zu Prinzipien bereits mit der Muttermilch verinnerlicht zu haben scheint, ein solcher Mensch muß sich unter normal Sterblichen zwangsläufig eine Menge Ärger einhandeln.“ Sein Geschenk, das Spiel „Mensch ärgere dich nicht“, wurde von vielen Mitarbeitern handschriftlich mit ihren Namen signiert.

Moritäten, gesungen vom langjährigen Sicherheitsingenieur, Dipl.-Ing. Wiegand, ein Zauberkünstler und die hinreißend eleganten Tanzeinlagen der Sekretärin des Kanzlers, Frau Jutta Kuhn und ihres Lebenspartners Oliver May bereicherten eine höchst persönliche gefärbte Geburtstagsfeier, zu deren Ende Dr. Kickartz bekannte, bis zum 60. Lebensjahr habe man Kraft, ab sechzig Verstand. Die Zeichnung seines Lebensweges durch die Redner des Tages zeigte, Verstand und Kraft für die TU Clausthal hat er bewiesen.



Joachim Drerup hielt eine von westfälisch hintergründigem Humor gekennzeichnete Rede.

Vordringen in eine Welt, in der einzelne Moleküle physikalisch wirksam werden

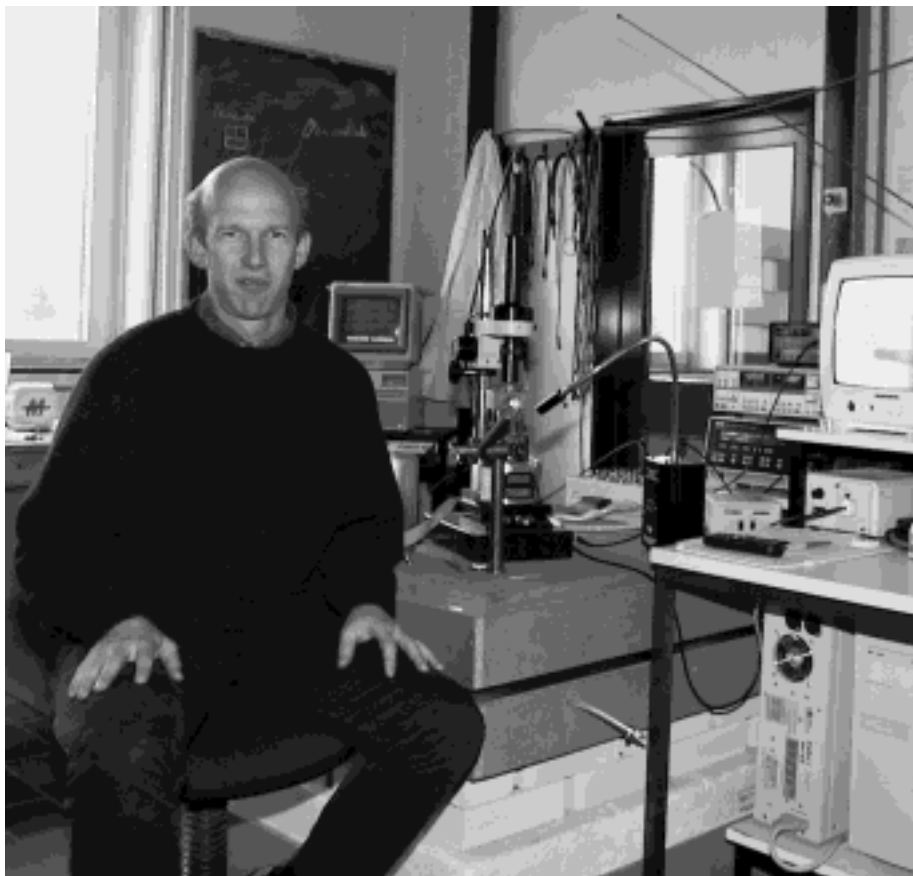
Neu an der Universität ist Professor Dr. Diethelm Johannsmann. Als Physikochemiker trat er zum Sommersemester 2002 die Nachfolge von Professor Dr. Peter Zugmaier im Institut für Physikalische Chemie an.

Diethelm Johannsmann studierte in Bonn und Heidelberg Physik (1979 - 86) und promovierte bei Prof. Dr. Wolfgang Knoll am Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz über „Quarzresonatoren zur viskoelastischen Analyse von dünnen Polymerfilmen“ (1988 - 1991). Anschließend ging er für zwei Jahre als Postdoc zu Professor Dr. Yuen-Ron Shen an die Universität Berkeley in Kalifornien (1991 - 1993). Von 1993 bis März 2002 leitete Herr Johannsmann eine eigene Forschergruppe am Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz. Er befasste sich dort vor allem mit dem mechanischen Verhalten von Polymeren an Grenzflächen.

Die mechanischen Eigenschaften einer Oberfläche zu bestimmen, die nur einige Zehner Millionstel Millimeter groß ist, ist kein leichtes Unterfangen, weil sie in dieser Größenordnung ihren „Charakter“ ändert. Im Großen gemessene Eigenschaften gelten nicht mehr im Kleinen. Dies liegt daran, dass einzelne Moleküle als ausgedehnte, korpuskulare Objekte zu den bestimmenden Akteuren auf der physikalischen Bühne werden. Um in dieser Dimension Scherkräfte an einer Probenoberfläche zu bestimmen, setzen Professor Johannsmann und seine Mitarbeiter ein Rasterkraft-Mikroskop ein - in ungewöhnlicher Weise.

Üblicherweise dient ein Raster-Kraft-Mikroskop zur Bestimmung der geometrischen Gestalt von Oberflächen. Dabei wird ein mikromechanischer Balken (Cantilever) mit einer feinen Spitze über der Oberfläche zeilenförmig verfahren. Aufgrund von molekularen Wechselwirkungen zwischen der Cantilever-Spitze und den Oberflächenmolekülen der Probe wird eine anziehende (van-der-Waals) oder eine rückstoßende Kraft auf den Biegebalken ausgeübt, so dass dieser sich verbiegt. Da die Stärke der Auslenkung des Biegebalkens, d.h. die Verbiegung, vom Abstand Spitze/Probe abhängt, kann die Oberflächenstruktur der Probe aus der Messung erschlossen werden, wenn dessen Auslenkung beim Rastern erfasst wird.

Zur Messung der Auslenkung des Biegebalkens wird ein fokussierter Laserstrahl auf die Spitze des Biegebalkens gerichtet, von diesem



Prof. Dr. Diethelm Johannsmann begann zum Sommersemester an der TU Clausthal.

reflektiert und von einer positionsempfindlichen Photodiode detektiert. Eine Verbiegung des Balkens führt dann zu einer Veränderung des Photostroms in der Diode.

So kann eine „Landschaft“ vermessen, nicht aber mechanische Eigenschaften des „Bodens“ charakterisiert werden. Die innere Zähigkeit (Viskosität) eines flüssigen Polymers kann mit einem Rasterkraftmikroskop bestimmt werden, indem die Änderung des thermischen Rauschens des mikromechanischen Balkens, während er die Oberfläche eines flüssigen Polymers abtastet, aufgezeichnet werden. „Man stelle sich die Blattfeder als einen Stab vor, der in einem Bach, in dem Baumstämme schwimmen, bewegt wird. Ein solcher Stab schwingt, von umgebenden Gasmolekülen angestoßen, unentwegt. Trifft er in dem Bach an einen Baumstamm (ein Polymer), so wird die Schwingung stärker gedämpft. Wir können der Natur bei diesen mikroskopisch kleinen Bewegungen zuschauen“.

In einem weiteren Vorhaben, werden Polymerfilme, Tastspitzen, Sandhaufen, oder auch biologische Proben durch Schwingquarze zu hochfrequenten Scherschwingungen angeregt. Aufgrund ihrer Trägheit und ihrer mechanischen Eigenschaften verändern sie dabei die Resonanzfrequenz und die Resonanzbreite des Schwingquarzes. Aus der Veränderung der Resonanz kann man dann auf die mechanischen Eigenschaften der Probe an der Quarz-Proben-Grenzfläche schließen.

Mit fortschreitender Miniaturisierung im Maschinenbau und in der Elektrotechnik gewinnt die Charakterisierung mechanischer Eigenschaften mesoskopischer Bauteile an Bedeutung. Professor Johannsmanns Lehre und Forschung ist somit ein Grundlagenbeitrag der Chemie zum Zweig der ingenieurwissenschaftlich geprägten Werkstoffwissenschaften in Clausthal und damit Ausdruck der Verzahnung zwischen Natur- und Ingenieurdisziplinen, wie sie gleichfalls für die hiesige Physik gültig ist. ■

26. Oktober 2001

Mitgliederversammlung des Vereins von Freunden der TU Clausthal

In Vertretung des 1. Vorsitzenden Professor Dr. Schulz, der wegen dringender Termine zu seinem Bedauern nicht an der Mitgliederversammlung teilnehmen konnte, übernahm Herr Dr. Stähler die Leitung der Sitzung. Ein besonderer Gruß galt Magnifizenz Professor Dr. Schaumann sowie allen neuen Mitgliedern.

Der Vorsitzende gedachte der seit der letzten Mitgliederversammlung verstorbenen langjährigen Mitglieder des Vereins von Freunden mit ehrenden Worten:

Dipl.-Ing. Ernst Weber, Bochum
(ehem. Vorstandsmitglied)

Dr.-Ing. Hans-Peter Barthold, Koblenz

Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Bretthauer,
Clausthal-Z.

Dipl.-Ing. Hermann Busche, Kamp-Lintfort

Prof. Dr. Wolfgang Dreyer, Clausthal-Z.

Dipl.-Ing. Hans-Egon Glomsda, Oberhausen

Prof. Dr.-Ing. Friedrich Griese, Clausthal-Z.

Dipl.-Ing. Dietrich Meyer, Lübeck

Dr.-Ing. Michael Müller, Springe

Dipl.-Ing. Günter Schmoll, Ochsenfurt

Dipl.-Ing. Peter Schrimpf, Celle

Dipl.-Ing. Hans Willnecker, Quierschied

Dipl.-Ing. Horst Zimmermann, Sprockhövel

Wahlen in den Vorstand und in den geschäftsführenden Vorstand

Nach Erweiterung der Tagesordnung auf Vorschlag des Vorsitzenden wurden die folgenden Herren p.A. in den Vorstand des Vereins von Freunden aufgenommen:

Dipl.-Ing. Jörg Hollerbach aus Hamm,
Geschäftsbereichsleiter/Prokurist EUMUCO-
BANNING Produktionsgesellschaft mbH
Dortmund, und

Dr.-Ing. Herbert Müller-Roden aus Bochum,
Mitglied der Geschäftsführung Rheinkalk GmbH
& Co KG Wülfrath.

Der Vorsitzende informierte die Mitgliederversammlung über die im Rahmen der vorangegangenen Vorstandssitzung durchgeführten Personalveränderungen im geschäftsführenden Vorstand:

Professor Dr.-Ing. Dieter Ameling, Präsident
Wirtschaftsvereinigung Stahl und

Vorsitzender des Vereins Deutscher Eisenhütten-
leute, Düsseldorf, und

Professor Dr. rer.nat. Karl Friedrich Jakob,
Stellv. Vorsitzender des Vorstands RAG Coal In-
ternational, Essen,

wurden vom Vorstand in den geschäftsführenden Vorstand gewählt.

Herr Professor Dr. Ameling wurde gleichzeitig vom Vorstand zum stellvertretenden Vorsitzenden ernannt.

Bericht des Vorstandes

Die Mitgliederbewegung seit der letzten Mitgliederversammlung am 27.10.2000 stellt sich wie folgt dar:

<i>Firmen-Mitglieder</i>	
Stand am 27.10.2000	63
eingetreten	
(B.U.S. Umwelt-Service, Duisburg)	1
gekündigt	
(Heitkamp GmbH, Herne;	
Wieland-Werke AG, Ulm)	2
Stand am 26.10.2001	62
<i>Persönliche Mitglieder</i>	
Stand am 27.10.2000	1.340
eingetreten	33
gekündigt	18
verstorben	13
gestrichen von der Mitgliederliste	5
(Beitragsrückstand, unbekannt verzogen)	
Stand am 26.10.2001	1.337

Für die Auszeichnung mit dem Förderpreis des Vereins von Freunden lagen dem Kuratorium auch in diesem Jahr mehrere exzellente Dissertationen und Diplomarbeiten vor. Die Wahl ist auf die Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Mupende und auf die Diplomarbeit von Frau Dipl.-Ing. Munder gefallen (s. Bericht des Rektors).

Der Kanzler Dr. Kickartz erörterte den Bericht zum Wirtschaftsjahr 2000. Ein Schwerpunkt seiner Berichterstattung behandelte das Thema Globalhaushalt. Die Inhalte sind aus den Seiten 1 (Punkt I) und 2 des schriftlich vorliegenden Kanzlerberichts zu entnehmen. Anschließend erläuterte Dr. Kickartz die im Wirtschaftsjahr 2000 durchgeführten Baumaßnahmen an der TU Clausthal (Kanzlerbericht S. 14, Pkt. VI bis S. 15).

Bericht des Schatzmeisters und der Rechnungsprüfer

Der Schatzmeister des Vereins von Freunden, Herr Dr. Pfeiffer, gab einen ausführlichen Bericht über die Jahresabrechnung 2000 und erläuterte den Haushaltsvoranschlag für das Rechnungsjahr 2002. Die Freistellungsbescheide des Finanzamts

Goslar zur Körperschaftssteuer und zur Gewerbesteuer für 1999 liegen für den Verein von Freunden und für die von ihm betreuten Stiftungen vor.

Der Rechnungsprüfer Dr. Tosch gab den Bericht über die Prüfung der Jahresabrechnung 2000. Beanstandungen der Jahresabrechnung haben sich nicht ergeben. Die Mitgliederversammlung beschloß einstimmig, die Jahresabrechnung für das Geschäftsjahr 2000 anzunehmen. Der Bericht der Rechnungsprüfer, die Aufstellung über das Vermögen des Vereins per 31.12.2000 sowie die Abrechnung für das Geschäftsjahr 2000 liegen als Niederschrift vor.

Entlastung des Vorstands und Wahl der Rechnungsprüfer

Herr Dr. Tosch stellte den Antrag, dem Schatzmeister und den übrigen Mitgliedern des Vorstands des Vereins von Freunden für das Geschäftsjahr 2000 Entlastung zu erteilen. Der Antrag wurde von der Mitgliederversammlung einstimmig angenommen.

Der Vorsitzende teilte mit, daß die Herren Ltd. Bergdirektor Dipl.-Ing. Gravenhorst und Steuerberater Dr. jur. Tosch sich bereit erklärt haben, auch weiterhin als Rechnungsprüfer zur Verfügung zu stehen. Er stellte deshalb den Antrag, die beiden Herren für das nächste Geschäftsjahr als Rechnungsprüfer zu wählen. Der Antrag wurde von der Mitgliederversammlung einstimmig angenommen.

EURO-Umstellung der Mitgliedsbeiträge

Der Vorsitzende stellte gemäß der Ankündigung vom 1.12.1999 den Antrag, die Mitgliedsbeiträge ab dem 1.1.2002 auf folgende EURO-Beträge umzustellen:

EURO 30,00 für persönliche Mitglieder,
EURO 180,00 für Firmenmitgliedschaften.

Der Antrag wurde von der MV einstimmig angenommen.

Der Vorsitzende gab bekannt, daß die nächste Mitgliederversammlung für den 1.11.2002 vorgesehen ist.

Mit Dank an die Anwesenden schloß der Vorsitzende die Mitgliederversammlung.

Der ebenfalls vor der Versammlung abgegebene **Bericht des Rektors** findet sich in seinen wesentlichen Punkten im Anschluß.

Oktober 2000 – Oktober 2001

Bericht des Rektors

Lage der TU Clausthal

Auch im 227. Jahre ihres Bestehens stellt sich die TU Clausthal als kleine, aber feine Universität dar. Wir sind unverändert attraktiv für Studierende, die die Atmosphäre einer Massenuniversität scheuen und an einer praxisnahen Ausbildung mit besonderer Betreuung intensität interessiert sind. Die Erholung der Studentenzahlen hat sich entsprechend fortgesetzt und hat jetzt endlich auch die Trendwende in der Gesamtstudentenzahl ergeben. „Renner“ sind Informatik und die „Bindestrich-Studiengänge“ mit den Wirtschaftswissenschaften; einige Studiengänge hinken aber immer noch hinter der positiven Gesamtentwicklung hinterher. Die Arbeitsmarktchancen unserer Studenten sind praktisch in allen Fächern exzellent. Die Verbundenheit unserer Absolventen mit ihrer TU wurde im vergangenen Jahr erstmals durch die Übergabe der Diplom- und Doktorurkunden im Rahmen einer Immatrikulationsfeier gefördert.

Der aktuelle Lehrermangel hat zur Überlegung geführt, die Lehrerausbildung an der TU Clausthal wieder aufzunehmen. In der Tat bestehen an den Schulen besondere Defizite in der Vermittlung des Bereichs „Technik“. Hier sind wir zur Unterstützung der Lehrerausbildung und -fortbildung bereit. Besonders für den Bereich der Berufsschulen erscheinen konkrete Beiträge der TU Clausthal möglich.

Die Forschungsgebiete der Professoren unserer TU finden weiter großes Interesse bei der Industrie und umfassen so vielfältige Drittmittelprojekte. Daneben florieren DFG-, BMBF- und EU-Projekte. Die Zahl der Promotionen ist weiterhin hoch. Die Etikettierung der TU als „Forschungsuniversität“ bleibt so gerechtfertigt. Der Generationswechsel in mehreren großen Instituten führt allerdings zu einem temporären Rückgang des Gesamtvolumens der Drittmittel. Nicht nur wegen dieses Effekts von Lücken in der Lehrstuhlbesetzung bleibt die zügige Durchführung von Berufungsverfahren ein besonderes Anliegen.

Mit den technisch orientierten Nachbaruniversitäten in Braunschweig und Hannover sind Verabredungen getroffen worden, nach denen bei Neuberufungen eine interne Abstimmung der Denomination stattfindet. Dadurch sollen universitätsübergreifende Forschungsprojekte möglich werden und so im bundesweiten Wettbewerb ein Gegengewicht zu den großen Technischen Universitäten in Süd- und Westdeutschland entstehen. Die Zusammenarbeit wird durch das plakative Label „Consortium Technicum“ dokumentiert. Die drei Universitäten sind auch die wissenschaftlichen Träger des in Planung befindlichen Materialtechnischen Zentrums.

Die allgemeine politische Entwicklung geht derzeit dahin, der Beratung von Universitäten durch Externe besonderes Gewicht beizumessen. Es ist absehbar, daß das neue Niedersächsische Hochschulgesetz (NHG) entsprechende Beratungsgremien vorschreiben wird. Im Vorfeld dieser Entwicklung möchte sich die TU Clausthal durch ein Kuratorium unterstützen lassen. Dieses Vorhaben wurde während des Rektorats von Prof. Dietz begonnen, kam aber wegen immer wieder neuer Abstimmungsprobleme mit dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur nur zäh voran; mittlerweile sind die zehn Kuratoriumsmitglieder aber ernannt; die konstituierende Sitzung des Kuratoriums ist für den 25. Februar 2002 vorgesehen. Die Kontakte der TU mit dem zuständigen Minister und seinem Hause sind im übrigen allgemein gut. Die Autonomie, die der Globalhaushalt seit 1995 erlaubt, wird von uns nach Kräften genutzt. Es ist jedoch eine zunehmende Tendenz zum „Roll Back“ zu beobachten, wenn das Ministerium zum Teil sehr detailliert in einzelne Bereiche des Aufgabenfeldes der TU eingreift.

Studium und Lehre

Die Studentenzahlen unserer Alma mater haben sich in den letzten Semestern sehr erfreulich entwickelt. Im vergangenen Sommersemester 2001 und im Wintersemester 2000/2001 haben sich insgesamt 739 Studierende neu eingeschrieben. Dabei fällt auf, daß die Fakultät I erstmals 1999 mehr Anfänger aufgenommen hat als die Fakultät II. Wie die Statistik belegt, ist der Abwärtstrend bzw. die Stagnation der vergangenen Jahre klar durchbrochen. Zum 15. November 2001 waren insgesamt 2790 Studierende an der TU Clausthal eingeschrieben. Der positive Trend in der Gesamtzahl der Studienanfänger setzt sich somit fort.

Damit haben wir den Effekt, der durch den Studienabschluß der starken Jahrgänge aus den frühen neunziger Jahren bewirkt wurde (230 Diplome im Studienjahr 2000/2001), überwunden. Gleichzeitig steigt auch wieder der Anteil der Studierenden im ersten bis zehnten Fachsemester. Der verzeichnete Rückgang in der Zahl der Langzeitstudierenden dürfte auch auf den 1998 eingeführten Verwaltungskostenbeitrag zurückzuführen sein.

Trotz der guten Gesamtlage muß auf die besondere Situation in einigen Bereichen der Hochschule hingewiesen werden, in denen noch keine Trendwende eingetreten ist. Außerdem muß dem Aspekt der zum Teil recht hohen Schwundquoten verstärkte Beachtung geschenkt werden.

Der Anteil der Studierenden, die sich für das Intensivstudienprogramm Maschinenbau haben re-

gistrieren lassen, macht fast 40% (WS 2000/2001) bzw. ca. ein Drittel (WS 2001/2002) der Erstsemester im Bereich Maschinenbau aus. Die Berichte und Aussagen der an Vorlesungen und Übungen des Intensivstudienprogramms beteiligten Lehrpersonen sind durchweg positiv. Die Studierenden werden als hochmotiviert und sehr lernwillig beschrieben. Die Studierenden selbst äußern sich ebenfalls sehr positiv zum Intensivstudienprogramm und seinen Angeboten, so im „Chat“ des Rektors mit Teilnehmern des Programms. Lediglich bei den ausländischen Teilnehmern des Programms gibt es bedingt durch Unsicherheiten in der deutschen Sprache einige Probleme, die sich aber sicherlich nach einer ausreichenden Anlaufphase überwinden lassen. Da die erste Prüfungsphase abgeschlossen ist, konnten die ersten 19 Stipendien im April 2001 vergeben werden. Die Stipendiensituation ist aktuell entspannt, da mehr Stipendien als Kandidaten vorhanden sind. In der Regel handelt es sich dabei um „kleine Stipendien“, also eine monatliche Fördersumme von 500,- DM.

Die juristischen Hindernisse bei der Verwaltung und Verteilung der Gelder durch den Verein von Freunden sind mittlerweile ausgeräumt. An dieser Stelle muß dem Verein von Freunden ein großer Dank für die Hilfe und Unterstützung in dieser Angelegenheit ausgesprochen werden, ohne die dieser Intensivstudiengang nicht möglich gewesen wäre.

Seit dem Wintersemester 2001/2002 kann an der TU Clausthal der Ergänzungsstudiengang Physik/Physikalische Technologien studiert werden; er führt Dipl.-Ing. (FH) mit dem Abschluß in Physikalischer Technik, Allgemeiner Physik, Verfahrenstechnik, Physiktechnik u.ä. zu einem Universitätsabschluß.

Neu ist seit dem Wintersemester 2000/2001 der Ergänzungsstudiengang Wirtschaftswissenschaften. Anknüpfend an eine bestandene Diplom- oder Masterprüfung wird in diesem viersemestrigen Studiengang die Berechtigung erworben, den vorhandenen Diplomgrad mit dem Präfix „Wirtschafts-“ ergänzen zu dürfen, z.B. Dipl.-Wirtschaftsingenieur oder Dipl.-Wirtschaftsphysiker. Dieser Studiengang ist vor allem interessant parallel zu einem Promotionsstudium oder zur Nachqualifizierung eines Diplomabschlusses.

Förderpreise

Im Rahmen der Immatrikulationsfeier am 26. Oktober 2001 wurden von dem Verein von Freunden, der Eberhard-Schürmann-Stiftung sowie der Rudolf-Vogel-Stiftung Förderpreise an Absolventen der TU Clausthal für herausragende Diplomarbeiten und Dissertationen übergeben. Im einzelnen waren dies:

Förderpreis des Vereins von Freunden der TU Clausthal

Dr.-Ing. Ilaka Mupende:

„Beanspruchungs- und Verformungsverhalten des Systems Trommelmantel-Bordscheiben bei

mehrlagig bewickelten Seiltrummeln unter elastischem und teilplastischem Werkstoffverhalten“

Betreuer Prof. Dr.-Ing. Dietz
Institut für Maschinenwesen,

Dipl.-Ing. Barbara Munder:

„Betrieb einer Chlor-Wasserstoff-Brennstoffzelle zur Herstellung von Salzsäure“

Betreuer Prof. Dr.-Ing. Hoffmann
Institut für Chemische Verfahrenstechnik;

Eberhard-Schürmann-Preis

Dr.-Ing. Markus Wellen:

„Diffusion der stabilen Tracerisotope ^{30}Si und ^{74}Ge in der intermetallischen Phase Fe_3Si im Temperaturbereich von 530 °C bis 720 °C“

Betreuer Prof. Dr.-Ing. Borchardt
Institut für Metallurgie;

Rudolf-Vogel-Preis

Dr. Günther Bäuerle:

„Geochemisch-mineralogische Untersuchungen zur Genese, Lösungs- und Gasführung der Gorleben-Bank (Zechstein 3) des Salzstocks Gorleben“
Betreuer Prof. Dr. Mengel
Institut für Mineralogie und Mineralische Rohstoffe,

Dipl.-Ing. Tobias Naesche:

„Technical and Economical Assessment of Mining Methods of Southland Colliery in Australia“
Betreuer Prof. Dr.-Ing. Knissel
Institut für Bergbau.

Auch in diesem Jahr wurde ein ausländischer Studierender vom DAAD mit einem Förderpreis in Anerkennung seiner herausragenden Studienleistungen an der TU Clausthal geehrt. Es handelt sich um Herrn Dipl.-Ing. Chia-Cheng Wu aus der Volksrepublik China. Herr Wu führt mittlerweile seine Studien am Institut für Aufbereitung und Deponietechnik weiter.

Forschung

Die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses erfolgt bisher traditionell auf Stellen durch wissenschaftliche Assistenten (C1). Diese Stellen werden auf bis zu sechs Jahren vergeben; Ziel ist die Habilitation und damit das Erlangen der Berufungsfähigkeit. Die Stelleninhaber sind einem Professor zugeordnet, was in der Vergangenheit andernorts punktuell zu zweckfremder Tätigkeit der wissenschaftlichen Assistenten geführt haben soll. Die Bundesregierung forciert daher gegenwärtig ein Modell, in dem die Qualifizierung ohne die Zuordnung und Abhängigkeit von einem Professor auf sog. Juniorprofessuren erfolgt. Im Vorgriff auf eine Bundesregelung hat das Land Niedersachsen ein „Junior-Start-Programm“ initiiert, das zusätzlich zu einer Ausstattung durch den

Bund eine finanzielle Förderung der Juniorprofessuren an den niedersächsischen Universitäten vorsieht.

Der Senat der TU Clausthal hat sich auf seiner Sitzung am 10. Juli 2001 entschlossen, die Juniorprofessur als politisch gewolltes Konzept zur Förderung des akademischen Nachwuchses zu akzeptieren und an der TU Clausthal sieben Vorgriffs-Juniorprofessuren baldmöglichst zu realisieren. Jede Vorgriffs-Juniorprofessur erhält folgende Ausstattung:

50% einer Stelle BAT IIa, 20% Anteil an einer Sekretariatsstelle, 15 000 DM Lehr- und Betriebsmittel, 75 000 DM Investivmittel (Junior-Startprogramm des Landes Niedersachsen) und 120 000 DM aus dem einschlägigen Sonderprogramm des Bundes).

Die Finanzierung der Vorgriffs-Juniorprofessuren erfolgt aus freien bzw. frei werdenden C1-Stellen sowie durch Sperrung von drei C3-Professuren nebst Ausstattung. Letzteres erscheint unter dem Gesichtspunkt akzeptabel, daß die Juniorprofessoren der Professorengruppe zugeordnet werden und diese so verstärken.

Der Sonderforschungsbereich 390 „Magnesiumtechnologie“ wird trotz positiver Begutachtung vor Ort laut Beschluß des Senats der DFG im Sommer 2002 auslaufen. Aktuell läuft der Sonderforschungsbereich 362 „Fertigen in Feinblech“; hier steht die nächste Begutachtung im September 2002 an. Die Hochschulleitung und der Sprecher des Sonderforschungsbereichs machen besondere Anstrengungen, zu diesem Zeitpunkt einen deutlich verjüngten Projektleiterkreis vorweisen zu können.

Neben den SFBs gibt es Forschergruppen zur speziellen Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Die Forschergruppen werden von der DFG sowie dem Land Niedersachsen finanziert und haben die Titel „Darstellungstheoretische und kohomologische Methoden in der Theorie der dynamischen Zetafunktionen und des Quantenchaos“, „Zetafunktionen und lokalsymmetrische Räume“ sowie „Werkstoffbezogene numerische Simulation thermischer Prozesse in der Produktionstechnik“.

Unter maßgeblicher Beteiligung (Sprecheruniversität) der Clausthaler Chemie wurde das Europäische Graduiertenkolleg (EGK) „Microstructural Control in Free-Radical Polymerization“ eingerichtet. 30 bis 35 Kollegiaten aus den Universitäten Clausthal, Göttingen, Amsterdam und Eindhoven beteiligen sich an dem speziellen englischsprachigen Studienprogramm und arbeiten international und interdisziplinär zusammen. Im Rahmen dieses Programms sollen unter anderem Multimedia-Anwendungen für die Lehre entwickelt und erprobt werden.

Zentren an der TU Clausthal

Neben den SFBs und den Forschergruppen haben sich in der Vergangenheit eine Reihe von Zentren etabliert. Derzeit gibt es starke Bemühungen,

neue Zentren an der TU Clausthal zu gründen. Besonders hervorzuheben ist das Materialtechnische Zentrum der TU Clausthal, welches unter Beteiligung der beiden technisch orientierten Nachbaruniversitäten Braunschweig und Hannover entstehen soll. Die Planungen befinden sich derzeit in der Diskussionsphase um die wissenschaftliche Ausrichtung des Zentrums. Dabei werden die Einzelkonzepte der drei Hochschulen in einer kleinen Projektgruppe des MWK beraten und so aneinander angepaßt, daß mit möglichst großen Synergieeffekten zu rechnen ist. Nach den Vorgaben des Ministeriums wird in Kürze mit einem Gesamtkonzept zu rechnen sein, welches dann von den beteiligten Hochschulen, dem Wissenschaftsrat und vom Landtag gebilligt werden muß.

Der Senat der TU Clausthal hat in seiner Sitzung vom 13. Februar 2001 beschlossen, einen Standort in Clausthal-Zellerfeld vorzuschlagen und die Baukommission mit der Suche nach geeigneten Standorten beauftragt. Eine Realisierung vor Ort scheint in der Tat möglich.

Parallel zu den Planungsarbeiten für das Zentrum für Materialtechnik gibt es unterschiedliche Aktivitäten, um DFG-Programme anzuschließen. Wegen des zunehmend engen finanziellen Spielraumes der DFG scheint der Weg von „Paketanträgen“ den gegenwärtig optimalen Einstieg in eine weitergehende Förderung darzustellen. Als ein Beispiel mag der Bereich „inkompatible Werkstoffe“ gelten, den Prof. Dr.-Ing. Ziegmann derzeit beantragt.

Eine interessante Bereicherung der Oberharzer Forschungslandschaft stellt der „Clausthaler Energiepark“ dar, in dem dezentrale regenerative Kleinkraftwerke und das dazugehörige Energiemanagement einem Praxistext unterworfen werden. Teilnehmer sind das Institut für Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik (Prof. Dr.-Ing. Scholz) und das Institut für Elektrische Energietechnik (Prof. Dr.-Ing. Beck) sowie die CUTEC Institut GmbH, deren Forschungs- und Entwicklungs-Schwerpunkt „Energieversorgung“ optimal zu dem Energiepark paßt. Auch die Clausthaler Stadtwerke sind an diesem Projekt beteiligt.

Im Energiepark wird die dynamische und komplette Versorgung eines Verbrauchers ausschließlich aus erneuerbaren Energiequellen erfolgreich demonstriert. Quellen der Strom- und teilweise der Wärmeerzeugung sind Windkraft, Wasserkraft, Biogas, Biodiesel und Rapsöl.

Aktuell bemüht sich die TUC auch um die Errichtung eines niedersächsischen Kompetenzzentrums rund um die verschiedenen Aspekte der Brennstoffzelle. Dieses „Komzell“ genannte Projekt soll eines von insgesamt 10 niedersächsischen Kompetenzzentren werden und wird in Zusammenarbeit mit der CUTEC Institut GmbH sowie Partnern aus der Industrie geplant.

Zusammen mit den laufenden DFG-Projekten und den industriellen Kooperationsprojekten stellt die TU Clausthal damit wieder einmal ihre umfangreiche, interdisziplinäre Forschungskompetenz eindrucksvoll unter Beweis.

HABILITATIONEN

Prellberg, Thomas, Dr. rer.nat.:
Lattice Models of Interacting Polymers and Vesicles.
Fachgebiet: Theoretische Physik

Reuter, Matthias, Dr.-Ing.:
Die potentialorientierte Beschreibung der Neuro-nalen Netze.
Fachgebiet: Angewandte Informatik

Pasquale, Angela Adele, Dr. rer.nat.:
A theory of Θ -spherical functions.
Fachgebiet: Mathematik

Raffel, Markus, Dr.-Ing.:
Optische Untersuchungen in technischen Strömungen unter besonderer Berücksichtigung eines Verfahrens zur Detektion von Dichtegraden.
Fachgebiet: Strömungsmechanik

PROMOTIONEN

Mathematik und Informatik

Bretschneider, Timo, Dipl.-Inf.:
Räumliche Auflösungserhöhung von Satelliten-bildern.

Meents, Ingo, Dipl.-Inf.:
Integrated Simulation Optimization Strategies and Logistical Process Control for Production Planning Based on Collaboratively Maintained Queueing Models.

Kramer, Martin, Dipl.-Inf.:
Integrated Simulation Optimization Strategies and Logistical Process Control for Production Planning Based on Collaboratively Maintained Queueing Models.

Physik, Metallurgie und Werkstoffwissenschaften

Krischok, Stefan, Dipl.-Phys.:
Wechselwirkung zwischen TiO_2 -Oberflächen und verschiedenen Adsorbaten und -molekülen (am Beispiel von Alkaliatomen, CO_2 , H_2O , O_2 u.a. sowie deren Kombination).

Poggemann, Joachim-Friedrich, Dipl.-Ing.:
Direkte Abbildung von Glasoberflächen mit atomarer Auflösung.

Schaub, Frank, Dipl.-Ing.:
Stoffübergang in heterogenen Auftriebsfreistrahlen.

Stisovic, Tatjana, Dipl.-Ing.:
Kombiniertes Blasen in metallurgischen Reaktoren – Kaltmodellversuche zu Vermischung und Stofftransport.

Bitterlich, Bernd, Dipl.-Ing.:
Laminieren von Siliziumnitrid-Grünfolien mit Hilfe präkeramischer Polymere.

Krause, Tobias, Dipl.-Ing.:
Lasersintern von Porzellan.

Geowissenschaften, Bergbau und Wirtschaftswissenschaften

Silber, Colin, Dipl.-Krist.:
Kristallographische und affine Symmetrien – die wichtigsten kristallwachstumsbestimmenden Faktoren, demonstriert an organischen Kristallen mit zwei unabhängigen Molekülen in der Elementarzelle.

Henn, Claudia, Dipl.-Ing.:
Beitrag zur Zinkgewinnung aus Filterstäuben der Elektrostahlerzeugung.

Sha, Wenjian, Mag.:
Grundlagen und Entwicklung eines computerge-stützten wissensbasierten Planungssystems für Sprengvortriebe unter Berücksichtigung des chi-nesischen Steinkohlenbergbaus.

Liu, Junjie, Mag.:
Flözauswaschungen im Steinkohlenbergbau Nordchinas und im Ruhrrevier – ein Beitrag zu ihrer Früherkennung.

Xie, Zhihua, M. Sc.:
Rechnerische Untersuchungen zum mechani-schen und hydraulischen Verhalten von Abdich-tungsbauwerken in Untertagedeponien für den Fall eines Lösungsaustrittes.

Maschinenbau, Verfahrenstechnik und Chemie

Ossadnik, Stephanie, Dipl.-Chem.:
Differenzierte Analytik von Peroxo-Verbindun-gen mit Anwendungen auf Bleichmittel.

Tawil, Angelika, Dipl.-Chem.:
Dynamisch-mechanische und thermische Eigen-schaften fester Stärkederivate und ihre Beziehung zur molekularen Struktur.

Storsberg, Jörg, Dipl.-Chem.:
Palladium-katalysierte C-C-Verknüpfungsreak-tionen an (hetero)bicyclischen Alkenen: Metho-dische Untersuchungen und Anwendungen.

Harms, Guido, Dipl.-Chem.:
Funktionalisierte Cyclopentane durch eine silizi-uminduzierte Reaktionskaskade.

Jesberger, Martin, Dipl.-Chem.:
Festphasen-unterstützte Oligosaccharidsynthese von Desoxyzuckern und deren Glykokonjugate und Entwicklung neuer artifizieller Aminoglyko-side.

Bock, Irene, Dipl.-Chem.:
Untersuchungen zur Photochemie von 4-Octyl-oxy-4'-stilbazol und zu seinem flüssigkristallinen Verhalten in einem wasserstoffbrückengebunde-nen Komplex.

Feldner, Nicole, Dipl.-Chem.:
Neue Kohlenstoffmaterialien auf der Basis von C_{60} -Fulleren und Phosphor.

Meier, Jens, Dipl.-Phys.:
Untersuchungen und Modellierungen zur linea-ren Viskoelastizität von Poly(Styrol-co-Butadi-en).

Langhoff, Arne, Dipl.-Chem.:
Untersuchungen zum Mechanismus des photo-ferroelektrischen Effekts chiraler smektischer Flüssigkristalle.

Scheuermann, Ralph, Dipl.-Chem.:
Das Quellungsverhalten ausgewählter Polymer-Lösungsmittel-Systeme im Glasübergangsbe-reich.

Trapp, Thies Uwe, Dipl.-Ing.:
Verbesserte Prozeßführung beim Dickdrahtbon-den durch kombinierte Zufuhr von Ultraschall-und Laserenergie.

Bruns, Jürgen, Dipl.-Ing.:
Spannungsanalyse des Ultraschall-Wedge-Bon-dens mit Aluminiumdraht unter Berücksichti-gung ultraschallabhängiger Werkstoffdaten bei verschiedenen Frequenzen mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente.

Othersen, Sven, Dipl.-Ing.:
Ein Beitrag zur Regelung von Wissensaustausch und Arbeitsabläufen im technischen Projektma-nagement.

Krüger, Jost, Dipl.-Ing.:
Untersuchungen zum Einfluß von Leistungsultra-schall auf Mischungsvorgänge und Fällungsreak-tionen.

Herrmann, Frank, Dipl.-Wirtsch.-Ing.:
Interorganisationale Netzwerke im Mittelstand des produzierenden Gewerbes – eine Herausfor-derung an das Management.

Li, Yuezhong, M. Eng.:
Biologische Reinigung von Abwasser aus der Glutamatproduktion.

Mecklenburg, André, Dipl.-Ing.:
Entwicklung von reproduzierbaren Herstellungs-verfahren für Systemkomponenten der Direkten-Methanol-Brennstoffzelle.

Düwel, Volker, Dipl.-Ing.:
Mikrorißuntersuchungen an Aluminiumlegierun-gen während mehrachsiger zyklischer Beanspru-chung zur Beschreibung mikrostruktureller Schä-digungsmechanismen.

Schmehmann, Alexander, Dipl.-Ing.:
Mahlbettsimulation in Wälzmühlen.

Davies, Michael, Dipl.-Ing.:
Energetische Prozeßmodellierung und Möglich-keiten der Prozeßgestaltung von Schachtofensy-stemen am Beispiel eines kokslosen gasbefeuer-ten Kupolofens (KLKO).

List, Joachim, Dipl.-Phys.:
Identifikation und Charakterisierung von Fasern in der Luft.

Von Eisenhart Rothe, Maximilian, Dipl.-Ing.:
Konzeption und Einführung eines IT-gestützten Produkt-Konfigurationsmanagements für die technische Information in der Automobilentwick-lung und -herstellung.

Walter, Thomas Jörg, Dipl.-Ing.:
Einsatz von Methoden der Digitalen Fabrik bei der Planung von Produktionssystemen für die Au-tomobilindustrie.

Löbber, Arnd, Dipl.-Ing.:
Beurteilung der Eignung von Softwaresystemen für eine lange Lebensdauer.

Saathoff, Andreas, Dipl.-Ing.:
Erstellung einer synthetischen Straße für die mehraxiale Betriebsfestigkeitssimulation an Automobilen.